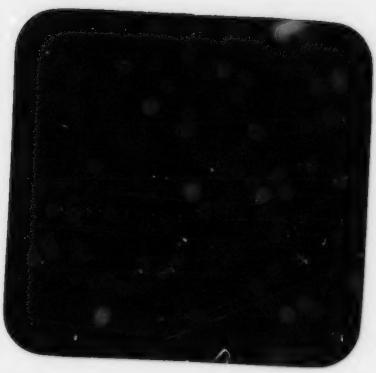
Modes alternatifs de répression des insectes dans les agro-écosystèmes québécois

TOME 5

MÉTHODES CULTURALES
ET RÉSISTANCE
DES VÉGÉTAUX



Modes alternatifs de répression des insectes dans les agro-écosystèmes québécois

TOME 5

MÉTHODES CULTURALES
ET RÉSISTANCE
DES VÉGÉTAUX

Stuart B. Hill
Collège McDonald (Université McGill)

Domigos de Oliviera
Université du Québec à Montréal

Madeleine Chagnon
Consultants CVIAB Inc.

Étude réalisée à la demande du
Ministère de l'Environnement du Québec et
du Centre québécois de valorisation de la biomasse

MARS 1990

90-07303/

Étude réalisée sous la responsabilité de
Stuart B. Hill, Ph. D. (Méthodes culturales)
Entomologie
Collège Macdonald (Université McGill)
C.P. 292
Ste-Anne-de-Bellevue (Québec)
H9X 1C0

Domigos de Oliviera, Ph. D. (Résistance des végétaux)
Département des sciences biologiques
Université du Québec à Montréal
C.P. 8888
Montréal, (Québec)
H3C 3P8

Madeleine Chagnon, entomologiste, chargée de projet
Consultants CVIAB Inc.
2845, rue Notre-Dame
Saint-Hyacinthe (Québec)
J2S 2R8

Avec la collaboration de
Renée Lapointe, agr., Collège Macdonald (Université McGill)
Micheline Lévesque, biol., agr., Collège Macdonald (Université McGill)
Claudio Nunes, M. Sc. (entomologie), Université du Québec à Montréal

Étude subventionnée par
la Direction de la recherche et des technologies environnementales
du ministère de l'Environnement du Québec
et par
le Centre québécois de valorisation de la biomasse

Référence pour citer ce document
Hill, S.B., D. de Oliviera et M. Chagnon. 1990. **Modes alternatifs de répression des insectes dans les agro-écosystèmes québécois, tome 5: Méthodes culturales et plantes résistantes.** Québec. Ministère de l'Environnement et Centre québécois de valorisation de la biomasse, 94 p.

Mots-clés: Insectes ravageurs, lutte biologique, agro-écosystèmes, agriculture biologique, alternatives, méthodes culturales, rotation, labourage, résistance.

Dépôt légal – 1er trimestre 1990 Envirodoq EN900007
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN 2-550-20617-7 (Série)
ISBN 2-550-20622-3

Série QEN/EN-23/1

AVANT-PROPOS

Au Québec comme ailleurs, les productions végétales ne peuvent être envisagées sans recourir à des moyens de lutte contre les insectes ravageurs des récoltes. Les pesticides chimiques constituent le moyen de contrôle le plus utilisé. Toutefois, il faut reconnaître qu'un usage massif et parfois abusif des pesticides chimiques entraîne une augmentation de la pollution environnementale et constitue un risque pour la santé humaine. Les solutions à ce problème résident dans la limitation de l'utilisation des insecticides chimiques afin d'éviter les écarts de conduite et de favoriser le développement de modes alternatifs de répression des insectes ravageurs.

Cette étude vise à présenter les perspectives techniques et commerciales les plus intéressantes, pour le développement de modes alternatifs de répression des insectes ravageurs dans les agro-écosystèmes, et à suggérer certains projets de développement technologique et industriel au Québec.

L'étude comporte six tomes traitant des sujets suivants :

Tome 1 Modes alternatifs de répression des insectes dans les agro-écosystèmes québécois : document synthèse

Tome 2 Identification des insectes ravageurs dans les agro-écosystèmes conventionnels et état de l'agriculture biologique au Québec

Tome 3 Modes alternatifs de répression des insectes : les agents biologiques

Tome 4 Modes alternatifs de répression des insectes : les techniques physiques

Tome 5 Modes alternatifs de répression des insectes : les méthodes culturales et la résistance des végétaux.

Tome 6 Survol de marché des alternatives aux insecticides en agriculture au Québec

Le tome 5 dresse un inventaire des méthodes culturales utilisées pour la prévention et l'intervention contre les principaux insectes ravageurs ainsi qu'une revue de littérature sur la résistance des végétaux à ces mêmes insectes.

Nous souhaitons que cette étude guide les chercheurs, fournisse des informations aux dirigeants d'entreprises et devienne, pour les organismes gouvernementaux et para-gouvernementaux impliqués dans le domaine, une référence-clé dans l'évaluation de projets soumis à leur attention.

Les interprétations et opinions contenues dans ce document demeurent la responsabilité des auteurs et n'engagent en rien le ministère de l'Environnement du Québec et le Centre québécois de valorisation de la biomasse qui ont subventionné l'étude.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont d'abord au ministère de l'Environnement du Québec et au Centre québécois de valorisation de la biomasse pour le financement de l'étude. Nous remercions également Messieurs **Michel Goulet** et **Richard Desrosiers**, du ministère de l'Environnement du Québec ainsi que Madame **Danielle Rivard** du Centre québécois de valorisation de la biomasse, pour leur appui, leur patience et leurs judicieux conseils.

Nous voulons rendre un hommage particulier à Mesdames **Renée Lapointe** et **Micheline Lévesque** du Collège Macdonald, ainsi qu'à Monsieur **Claudio Nunes** de l'UQAM, pour leur importante contribution à la recherche bibliographique, à la compilation des informations et à la rédaction. Nous désirons également souligner la participation de Monsieur **Conrad Cloutier** de l'Université Laval lors de la rédaction de certaines parties des textes concernant la biologie des insectes.

La mise à jour des informations n'aurait pu être possible sans la collaboration précieuse de spécialistes qui ont bien voulu nous livrer leurs connaissances et discuter de leurs expériences. Nous remercions particulièrement Messieurs **Pierre Sauriol, Patrick Sullivan** et **Claude Ritchot** et Madame **Michèle Roy** du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, ainsi que Messieurs **Guy Boivin, Pierre Martel, Charles Vincent** et **Raymond Granger** d'Agriculture Canada à Saint-Jean-sur-Richelieu.

Nous tenons également à remercier Monsieur **Rénald Bourgeois** et Madame **Monique Lalonde** pour la correction et l'amélioration du texte ainsi que Madame **Sylvie Bergeron** pour la coordination de la publication.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS. 3

REMERCIEMENTS. 5

TABLE DES MATIÈRES. 7

TABLEAUX. 8

ANNEXES. 10

INTRODUCTION. 11

SECTION I : LES MÉTHODES CULTURALES. 11

1.1 Des alternatives aux pesticides 11

1.1.1 Stratégies de base 12
1.1.2 Avantages 12
1.1.3 Désavantages 12
1.1.4 Liste des méthodes culturales de répression des insectes 13

1.2 Méthodologie 13

1.3 Résultats 14

1.3.1 Aleurode des serres 14
1.3.2 Carpocapse de la pomme 16
1.3.3 Charançon de la carotte 17
1.3.4 Charançon de la prune 18
1.3.5 Chrysomèle des racines du maïs 20
1.3.6 Doryphore de la pomme de terre 22
1.3.7 Mouche de la pomme 24
1.3.8 Mouche de l'oignon 25
Mouche du chou 25
Mouche des légumineuses 25
1.3.9 Piéride du chou 29
Fausse-teigne des crucifères 29
Fausse-arpenteuse du chou 29

1.3.10 Pucerons 31
1.3.11 Punaise terne 33
1.3.12 Pyrale du maïs 35
1.3.13 Tarsonème du fraisier 36
1.3.14 Tétranyque à deux points 37
1.3.15 Tétranyque rouge du pommier 38
1.3.16 Thrips des petits fruits 39

1.4 Conclusion 41

1.5 Bibliographie 43

SECTION II : RÉSISTANCE DES VÉGÉTAUX. 49

2.1 Résistance et ses composantes 49

2.1.1 Préférence et non-préférence 49
2.1.2 Antibiose 49
2.1.3 Tolérance 50

2.2 Méthodologie 50

2.3 Résultats 51

2.3.1 Doryphore de la pomme de terre sur la pomme de terre 51
2.3.2 Pucerons sur la pomme de terre 54
2.3.3 Pyrale du maïs sur le maïs 56
2.3.4 Pucerons sur le maïs 58
2.3.5 Tétranyque rouge du pommier sur le pommier 59
2.3.6 Pyrale du maïs sur le haricot 61
2.3.7 Mouche de l'oignon sur l'oignon 61

2.4 Conclusion 63

2.5 Bibliographie 65

TABLEAUX

Tableau 1 Aleurode des serres, Trialeurodes vaporariorum (Westw.) : Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression 15

Tableau 2 Carpocapse de la pomme, Cydia pomonella L. : Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression 16

Tableau 3 Charançon de la carotte, Listronotus oregonensis (Le Conte) : Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression 18

Tableau 4 Charançon de la prune, Conotrachelus nenuphar (Hbst.) : Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression 19

Tableau 5 Chrysomèle des racines du maïs, Diabrotica longicornis S. et L. : Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression 21

Tableau 6 Doryphore de la pomme de terre, Leptinotarsa decemlineata (Say) : Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression 23

Tableau 7 Mouche de la pomme, Rhagoletis pomonella (Walsh) : Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression 24

Tableau 8 Mouche de l'oignon, Delia antiqua (Meig.) : Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression 26

Tableau 9 Mouche du chou, Delia radicum (L.) : Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression 27

Tableau 10 Mouche des légumineuses, Delia platura (Meig.) : Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression 28

Tableau 11 Piéride du chou, Artogeia rapae (L.), Fausse-teigne des crucifères, Plutella xylostella (L.) : Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression 30

Tableau 12 Pucerons, aphidae spp. : Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression 32

Tableau 13 Punaise terne, Lygus lineolaris (P. de B.) : Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression 34

Tableau 14 Pyrale du maïs, Ostrinia nubilalis (Hbn.) : Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression 36

Tableau 15 Tarsonème du fraisier, Steneotarsonemus pallidus Banks : Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression 37

Tableau 16 Tétranyque à deux points, Tetranychus urticae, Koch : Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression 38

Tableau 17 Tétranyque rouge du pommier, Panonychus ulmi (Koch) : Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression 39

Tableau 18 Thrips des petits fruits, Frankliniella occidentalis (Perg.) : Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression 40

Tableau 19 Doryphore de la pomme de terre, Leptinotarsa decemlineata (Say) sur la pomme de terre : Résistance des végétaux 53

Tableau 20 Pucerons, aphidae spp. sur la pomme de terre : Résistance des végétaux 56

Tableau 21 Pyrale du maïs, Ostrinia nubilalis (Hbn.) sur le maïs : Résistance des végétaux 58

Tableau 22 Tétranyque rouge du pommier, Panonychus ulmi (Koch) sur le pommier : Résistance des végétaux 60

Tableau 23 Mouche de l'oignon, Delia antiqua (Meig.) sur l'oignon : Résistance des végétaux 62

ANNEXES

Annexe A Questionnaire pour le sondage sur les méthodes culturales de contrôle des insectes ravageurs des cultures horticoles et agricoles 71

Annexe B Choix des récipiendaires pour le sondage sur les méthodes culturales de contrôle des insectes ravageurs des cultures horticoles et agricoles 79

Annexe C Liste des organismes et journaux contactés 83

Annexe D Description des méthodes culturales 87

INTRODUCTION

Il est urgent de trouver des solutions de remplacement aux insecticides. Cette nécessité vient de la prolifération d'accidents impliquant les pesticides, de leur présence dans les aliments, dans l'eau, dans le corps humain, de l'apparition d'allergies et de cancers dus à ces produits et de l'intérêt toujours croissant pour la santé et la qualité des aliments. Enfin, la baisse d'efficacité de certains pesticides et la résistance des ravageurs à ces produits, ainsi que l'augmentation constante des coûts font de l'élaboration de méthodes alternatives une urgence. La réponse des scientifiques à cette situation en est une de changement de philosophie dans la gestion des ravageurs, qui se traduit par une lutte raisonnée, soit la lutte intégrée (I.P.M.).

Au début, les compagnies de pesticides encourageaient cette nouvelle approche en prônant l'utilisation plus efficace de leurs produits, prétendant que les problèmes associés à ces derniers découlaient d'un usage impropre. Cependant, il y a maintenant suffisamment d'évidences que les problèmes reliés aux pesticides apparaissent même lorsque ces produits sont utilisés selon les recommandations. Ce n'est pas surprenant quand on sait que les pesticides sont des produits non sélectifs et aussi léthaux pour les 99,9% des insectes bénéfiques ou neutres à l'homme qu'aux 0,1% qui lui sont nuisibles. Pas surprenant non plus quand on sait que la majeure partie des pesticides adéquatement appliqués n'atteignent jamais leurs cibles.

Devant ces faits, il est raisonnable de s'attendre à ce que leur usage soit éventuellement restreint aux situations socialement importantes. **Une étape suivante** dans le développement de la lutte intégrée a été de chercher des substituts bénins aux pesticides : hormones, phéromones, pièges, agents de répression biologiques (prédateurs, mâles stériles, pathogènes, etc.). Malgré l'efficacité de ces alternatives, cette approche, plus écologique, évite encore de faire face aux véritables causes du problème.

Ces méthodes perpétuent la dépendance des producteurs vis-à-vis les experts et les fournisseurs de produits ainsi que l'image qui dépeint les ravageurs comme des ennemis à éliminer. Nous sommes maintenant à l'aube d'**une troisième étape** dans le développement des systèmes de lutte intégrée qui reconnaît les ravageurs non plus comme des ennemis, mais comme des indicateurs de failles dans la conception et la gestion de systèmes agricoles.

SECTION I : LES MÉTHODES CULTURALES

1.1 Des alternatives aux pesticides

Les méthodes ou façons culturales sont un moyen de lutte contre les insectes ravageurs, dont l'action se situe au niveau de la manipulation de l'environnement, afin de rendre moins favorables la survie, la dispersion, la croissance et la reproduction des espèces nuisibles et, aussi, de promouvoir l'établissement d'un équilibre naturel des populations.

1.1.1 Stratégies de base

Les principales stratégies utilisées consistent à :

i) rendre la culture ou l'habitat indésirable pour les ravageurs, en intervenant au niveau de leurs sites d'oviposition et de leur capacité de localisation de la plante-hôte ;

ii) rendre la culture non disponible dans le temps et l'espace en utilisant les connaissances sur la biologie et les moeurs du ravageur, spécialement en ce qui a trait à son mode de dispersion et à ses habitudes hivernales ;

iii) réduire la survie de l'insecte nuisible en encourageant la multiplication des ennemis naturels ou en altérant la culture pour qu'elle ne convienne plus à l'insecte ravageur.

Afin de pouvoir élaborer et appliquer les méthodes culturales, une bonne connaissance de la biologie, de l'écologie et de la phénologie de l'insecte et de la culture, ainsi que de leurs interactions (identifier les points faibles) s'avère nécessaire.

1.1.2 Avantages

Les méthodes de lutte culturales comportent plusieurs avantages. Elles sont généralement les moins coûteuses de tous les modes alternatifs de répression des insectes puisqu'elles ne constituent que des variantes des opérations agricoles conventionnellement pratiquées. Les coûts additionnels sont faibles puisque l'équipement et les pratiques agricoles, ainsi que la main-d'oeuvre requise sont sensiblement les mêmes. Il arrive parfois que les coûts inhérents à la main-d'oeuvre soient réduits au minimum, à cause d'une meilleure planification de la régie des cultures. Ces méthodes de lutte sont normalement spécifiques et très fiables. Contrairement aux pesticides, elles ne peuvent pas induire le phénomène de résistance chez les insectes et, de plus, elles ne causent pas d'accumulation de résidus de pesticides dans les aliments et dans l'environnement. Finalement, les méthodes culturales tendent vers le maintien de l'équilibre naturel entre les ravageurs et leurs prédateurs.

1.1.3 Désavantages

Les pratiques culturales, exercées dans le but de réprimer les ravageurs, exigent cependant une planification à long terme et une bonne connaissance des insectes afin d'être pleinement efficaces. Leur moment d'application doit être parfaitement synchronisé avec la période de vulnérabilité du ravageur. L'adoption de nouvelles pratiques culturales peut être exigeante pour le producteur, car celui-ci doit savoir intégrer ses connaissances sur l'utilisation des pesticides à une approche plus globale du problème de répression des ennemis des cultures. Certaines méthodes de lutte peuvent être efficaces contre un ravageur mais peuvent ne pas l'être pour une espèce apparentée.

L'évaluation de l'efficacité de ces méthodes est difficile et ces techniques ne parviennent pas toujours à maintenir les populations en-dessous d'un

seuil économiquement acceptable. De plus, certaines de ces méthodes peuvent avoir des effets néfastes chez les poissons et la faune sauvage et peuvent aussi causer de graves problèmes d'érosion.

1.1.4. Méthodes culturales de répression des insectes

Les principales méthodes culturales connues et pratiquées au Québec et ailleurs dans le monde sont décrites à l'annexe IV. Les méthodes culturales décrites sont les suivantes :

Régie des cultures

- isolement des cultures ;
- densité et espacement des cultures (compagnonnage) ;
- planification du temps de semis ;
- rotations des cultures (assolements) ;
- destruction des plantes volontaires ;
- remplacement des hôtes alternatifs ;
- régie des cultures-pièges ;
- régie des plantes-abris ;
- régie des environnements avoisinants ;

Entretien du site

- labourage, binage, hersage ;
- fertilisation : fumure, chaulage, etc. ;
- émondage, élagage, taille, etc. ;
- irrigation, drainage ;
- paillis ;
- assainissement, destruction des débris végétaux, contrôle des mauvaises herbes ;

Méthodes de récolte

- planification du temps de récolte ;
- récolte en bandes ;

Autres

- répression manuelle ;
- répression mécanique.

1.2 Méthodologie

Les informations de la présente section sur les alternatives aux insecticides ont été obtenues de sources diverses. Premièrement, certains renseignements ont été recueillis auprès des producteurs agricoles, à l'aide d'un questionnaire conçu spécifiquement dans ce but (annexe A). Ce questionnaire a été élaboré sous l'oeil attentif de Betty Stafford-Smith et Patricia Lecavalier de l'Université McGill. Des exemplaires ont été distribués à 844 personnes sélectionnées à l'aide de listes de producteurs fournies par différents organismes oeuvrant dans le domaine agricole, aussi bien conventionnel que biologique (annexe B).

La majeure partie des questionnaires a été distribuée au Québec, soit 542. Les autres ont été répartis dans des régions sélectionnées à cause de leur similarité climatique avec les régions québécoises. Ainsi, 89 exemplaires ont été distribués ailleurs au Canada, 154 aux Etats-Unis et une soixantaine en Europe (France et Belgique). La participation se situe aux environs de 10%. Ce pourcentage inclut près de 3% de réponses négatives, c'est-à-dire de producteurs n'utilisant pas, à leur connaissance, de méthodes culturales comme moyen de lutte antiparasitaire.

Dans un deuxième temps, des contacts ont été établis avec certains chercheurs oeuvrant dans ce domaine, soit dans une université, dans une station de recherche fédérale ou provinciale (Québec) ou, encore, en Europe (I.N.R.A.), etc. Des questionnaires étaient également distribués aux éditeurs de différents périodiques, journaux ruraux et autres publications pertinentes (annexe III).

Enfin, une revue exhaustive de l'information sur le sujet a été complétée par le biais d'une recherche informatisée (base de données : C.A.B., Commonwealth Agricultural Bureau). Les données recueillies ont été analysées et classées par méthodes culturales spécifiques à chaque insecte considéré au tome 1 de la présente étude. L'évaluation de ces méthodes s'avère plutôt qualitative que quantitative. Les commentaires recueillis par l'intermédiaire des questionnaires ont été interprétés intégralement. Les méthodes culturales discutées dans les articles scientifiques ont été jugées selon les commentaires de l'auteur.

Toutes ces informations ont été compilées sous forme de tableaux constituant des sommaires sélectifs. Ces tableaux ont été corrigés et entérinés par des experts en agriculture. Les versions corrigées apparaissent à la section des résultats.

1.3 Résultats

1.3.1 Aleurode des serres <u>Trialeurodes vaporariorum</u> (Westwood)

L'aleurode des serres ou « mouche blanche » est un ravageur des plus importants des cultures sous abri. Il peut infester des plantes d'environ 250 genres différents (Parella, 1988). En serres, il se présente sur les cultures maraîchères et florales les plus importantes, notamment sur le concombre, la tomate, le chrysanthème et le poinsettia, pour n'en nommer que quelques-unes (Freuler et Paccaud, 1980).

Cet insecte passe par quatre stades larvaires. Le dernier se transforme en une pupe d'où sortira l'adulte. La durée totale est de trois à quatre semaines sous conditions favorables. La femelle peut vivre plus d'un mois et pondre de plusieurs dizaines à plusieurs centaines d'oeufs, selon les conditions ambiantes et le type de culture, le concombre étant beaucoup plus apprécié que la tomate (Woets et van Lenteren, 1976).

En conditions favorables, les générations se succèdent rapidement avec une possibilité de quatre par an. L'aleurode n'hiberne pas à un stade particulier ; aucun des stades ne peut survivre plus de quelques jours à des

températures sous 0°C. Durant la saison estivale, l'aleurode peut s'établir sur la végétation avoisinant les serres et servir de source de réinfestation des cultures sous abri en fin d'été. Cependant, la dissémination du ravageur et l'infestation initiale de serres exemptes résultent principalement de l'introduction de plants porteurs de l'insecte (Freuler et Paccaud, 1980).

L'introduction de plantes-compagnes dans les serres a été tentée comme méthode de lutte contre les ravages de l'aleurode. L'odeur de certaines plantes comme le tabac aurait la propriété de masquer les odeurs émises par la culture primaire, réduisant ainsi son attrait. Cependant, cette méthode comporte certains désavantages et demande une bonne planification afin de bien fonctionner.

Conclusion

La destruction des plantes-hôtes secondaires avoisinant les serres est sans doute la méthode culturale la plus efficace pour contribuer à la répression de l'aleurode. Néanmoins, cette pratique ne peut que rarement suffire, à elle seule, pour obtenir la répression souhaitée et, de ce fait, elle doit être intégrée à d'autres modes de lutte, tels le dépistage par les pièges jaunes et l'introduction d'agents biologiques (tome 3).

Tableau 1 : ALEURODE DES SERRES, Trialeurodes vaporariorum (Westw.)
Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression

Méthode	Principe d'action	Usage	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Compagnonnage	masquer les odeurs de la plante-hôte par d'autres espèces végétales	dans les serres, utiliser le tabac en fleurs	faible efficacité, demande un travail supplémentaire	tentée expérimentalement par quelques agriculteurs biologiques	efficacité à démontrer	Hill, 75
II. Hygiène	éliminer les sites de nourriture, de ponte et de reproduction	détruire les mauvaises herbes dans les serres et autour des bâtiments	opération très importante ; permet d'éliminer les autres ravageurs des serres présents aux alentours	opération présentement effectuée par quelques serristes	méthode à inclure dans les recommandations d'usage pour la prévention	Morin, 88

1.3.2 Carpocapse de la pomme Cydia pomonella L.

Le carpocapse de la pomme a été introduit d'Europe par les premiers arrivants. Il est maintenant un insecte largement distribué et commun. Quoique plus abondants en juin et juillet, les adultes apparaissent dès la fin de mai jusqu'en août. Les femelles pondent leurs oeufs sur les fruits en formation ou sur le feuillage. La larve creuse des galeries à l'intérieur du fruit, se nourrit de la pulpe et attaque également les pépins. En quittant le fruit attaqué, elle troue l'écorce où s'amassent les excréments. La larve hiberne à l'intérieur d'un cocon de soie dans la fente de l'écorce des arbres. Les facteurs climatiques, particulièrement la température, jouent un rôle important dans la croissance des populations.

La destruction des fruits attaqués est recommandée comme méthode de répression de cet insecte. Cependant, l'avenir de cette solution pour les grands vergers repose sur le développement de technologies qui faciliteraient cette tâche parfois longue à effectuer. La destruction des larves sur le tronc à l'automne semble également une méthode efficace.

Conclusion

Les méthodes culturales suggérées pour la répression des populations de carpocapse de la pomme sont la destruction des fruits infestés et des larves sur les troncs à l'automne. Quoique jugées efficaces, ces deux méthodes sont présentement peu réalistes pour les grands vergers car elles demandent beaucoup de temps et de main-d'oeuvre. Le développement de machines ou de techniques qui faciliteraient l'application de ces méthodes à grande échelle serait souhaitable.

Tableau 2 : CARPOCAPSE DE LA POMME, Cydia pomonella L.
Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression

Méthode	Principe d'action	Usage	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Hygiène	éliminer les sites de nutrition, reproduction et pupaison	destruction des débris végétaux, des fruits tombés et des morceaux d'écorces détachés	peut réprimer plusieurs ennemis des cultures ; méthode préventive d'efficacité moyenne ; méthode très onéreuse en temps	utilisée dans de petits vergers au Québec	peu réaliste comme solution pour les grands vergers ; nécessite le développement de machines spécialisées	USDA, 75
II. Répression mécanique	destruction des larves à l'automne	encercler le tronc des arbres d'une bande de 6 po de jute ou de carton ; surveiller l'emplacement des larves à l'automne pour les détruire	méthode très onéreuse en temps	prouvée expérimentalement en vergers	peu réaliste comme solution pour les grands vergers	
III. Fertilisation	assure une bonne croissance et une résistance accrue aux ravageurs	la fertilisation organique est particulièrement recommandée	efficacité faible lors de la fertilisation chimique	utilisée par les agriculteurs biologiques sans preuves à l'appui	nécessite de la recherche plus spécifique	enquête chez les agrobiologistes

1.3.3 Charançon de la carotte
Listronotus oregonensis (Le Conte)

Le charançon de la carotte est un important ravageur de la carotte et d'autres ombellifères cultivées, notamment le céleri et le persil ; des mauvaises herbes vivaces, en particulier la carotte sauvage et le plantain, sont aussi utilisées comme hôtes (Perron, 1971 ; Stevenson, 1976 ; Boivin, 1988).

Au Québec, les dommages du charançon sont limités à la culture de la carotte dans les terres organiques du sud-ouest de la province (Perron, 1971 ; Boivin, 1988). Le charançon complète une génération par année (Perron, 1971). Les oeufs sont pondus à la fin du printemps et au début de l'été sur le feuillage en développement des jeunes plants. Les larves éclosent et forent des galeries d'alimentation en descendant vers le bas ; les galeries se retrouvent dans la partie supérieure de la racine sur la carotte, et le bas des tiges sur le céleri. Le développement larvaire et la pupaison ont lieu sous terre. Une fraction des adultes émerge en fin d'été pour se déplacer vers les abords des champs, mais la majorité semble rester au sol pour hiberner. (Grafius et Collins, 1986). Ils sortent de dormance et émergent au printemps suivant pour se nourrir et pondre sur les nouvelles cultures.

Les adultes semblent peu enclins aux déplacements sur de longues distances (Grafius et Collins, 1986), de sorte que la rotation devrait être utile. Mais comme la carotte et autres plantes cultivées ne sont pas les seuls hôtes possibles, la rotation ne garantit pas une protection absolue. Il faut aussi détruire, si possible, les plantes-hôtes alternatives qui seraient susceptibles d'abriter le charançon et de permettre sa reproduction malgré l'absence de son hôte préférentiel. Des données indiquent que les semis tardifs sont en partie à l'abri de la ponte (Boivin, 1988), mais la date de semis est évidemment soumise à d'autres contraintes majeures.

Conclusion

La rotation des cultures et la destruction des plantes-hôtes alternatives semblent des méthodes culturales complémentaires de prévention. Les semis tardifs contribuent également à protéger les cultures de carottes.

Tableau 3 : CHARANÇON DE LA CAROTTE, Listronotus oregonensis (Lec.)
Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression

Méthode	Principe d'action	Usage	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Rotation	élimine les insectes qui ne peuvent survivre deux années consécutives sans la présence d'hôte convenable	ne pas semer les carottes deux années consécutives au même endroit	facile à établir ; excellent pour les sols ; nécessite une bonne planification ; doit avoir les superficies nécessaires	méthode pratiquée au Québec	recherche sur plante-hôte secondaire nécessaire	Boivin (comm. pers.) ; Cox, 88 ; Brodeur, L.
II. Hygiène	détruire les sites de reproduction et de nutrition ; ne pas laisser de carottes à l'automne	labourer pour détruire les débris de culture ; pour éviter ponte hâtive et apparition d'une 2e génération	nécessite une opération supplémentaire ; peut détruire certains insectes bénéfiques ; doit être bien effectuée pour bien fonctionner	méthode pratiquée au Québec		Boivin (comm. pers.)

1.3.4. Charançon de la prune Conotrachelus nenuphar (Hbst.)

Le charançon de la prune est un insecte indigène de l'Amérique du Nord reconnu comme un ravageur important des fruits à pépins et à noyaux. On le retrouve dans l'est des Etats-Unis et du Canada. Au Québec, l'insecte complète une génération par année. Les adultes sortent de l'hibernation au printemps et s'accouplent sur les arbres fruitiers. Les femelles pondent leurs oeufs dans le fruit et les larves se nourrissent de la pulpe. La plupart des pommes attaquées tombent de l'arbre au cours du mois de juin.

Les méthodes d'échantillonnage et de dépistage utilisées actuellement sont inefficaces et les arrosages préventifs sont souvent inutiles. Dans les petits vergers, il est possible de prendre des mesures préventives comme la destruction des fruits infestés et l'élimination des hôtes alternatifs. Pour les plus grandes superficies, cette mesure peut cependant devenir trop coûteuse en temps et en main-d'oeuvre. L'émondage et la fertilisation assurent cependant une bonne croissance de l'arbre et une résistance accrue aux ravageurs fruitiers. Le labourage du sol contenant des pupes peut en détruire plusieurs. Toutefois, les tendances récentes de régie des sols tendent à décourager de plus en plus le labourage à cause de son effet érosif.

Dans les premières années d'apparition de cet insecte, la répression mécanique a été utilisée. La technique consistait à faire tomber les insectes inertes sur des draps. Cette technique est parfois encore utilisée.

Conclusion

La destruction des fruits infestés est la méthode préventive la plus recommandée pour la répression de tous les insectes de la pomme.

Malheureusement, peu de pomiculteurs envisagent d'adopter une telle pratique lorsque leurs vergers couvrent de grandes superficies. Le développement de machines ou de techniques, qui faciliteraient l'application de cette méthode à grande échelle, serait souhaitable. La meilleure méthode culturale, pour favoriser une résistance aux ravageurs du pommier, est une régie des cultures impliquant l'émondage et la fertilisation.

Tableau 4 : CHARANÇON DE LA PRUNE, Conotrachelus nenuphar (Herbst.)
Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression

Méthode	Principe d'action	Usage	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Labourage	détruit les larves et les pupes dans leurs cellules dans le sol	labourer le sol autour des arbres à la fin du printemps ou au début de l'été	attention à la profondeur, dangereux pour la racine des arbres ; très onéreux en temps sur de grandes superficies	pratiquée sur de petites superficies par certains agrobiologistes	peu réaliste pour de grandes superficies ; efficacité à démontrer	
II. Emondage et fertilisation	assure une bonne croissance et une résistance accrue aux ravageurs fruitiers	émonder pour que le maximum de lumière puisse pénétrer et fertiliser	préventif seulement ; favorise la croissance de l'arbre	déjà pratiquée dans les vergers dans divers buts	efficacité à démontrer	
III. Hygiène	éliminer les sites de nourriture de ponte et de reproduction	détruire (brûler) les fruits infestés ; éliminer les hôtes alternatifs	requiert beaucoup de temps ; efficacité forte	prouvée expérimentalement aux Etats-Unis	peu réaliste comme solution pour les grands vergers ; requiert le développement de machines spécialisées	
IV. Répression manuelle	réduction de la population	secouer l'arbre tôt le matin pour faire tomber les insectes et les recueillir sur une toile afin de les détruire	les arbres doivent être petits et peu nombreux	testée expérimentalement à McGill	efficacité faible ; très peu intéressant	

1.3.5 Chrysomèle des racines du maïs *Diabrotica longicornis Barberi* Smith et Lawrence

La chrysomèle des racines du maïs est un ravageur important du maïs en Amérique du Nord. Les dommages de la chrysomèle résultent principalement de l'alimentation des larves sur les racines d'ancrage, rendant les plants susceptibles à la verse et au « col d'oie », port des plants versés qui se redressent. Les sols compactés, mal drainés ou entravant autrement le développement racinaire favorisent les dommages des larves de la chrysomèle. Par ailleurs, les adultes se posent sur les épis et mangent les soies, ce qui peut empêcher la fertilisation des grains. Le maïs est apparemment la seule plante utilisée par les larves de la chrysomèle, mais les adultes fréquentent une variété de plantes à fleurs pour se nourrir.

La chrysomèle des racines complète une génération par année. La femelle pond à la fin de l'été à la base des plants de maïs. Les oeufs y passent l'hiver et éclosent à la fin du printemps ou au début de l'été. Les larves infestent les racines du maïs et se développent au cours des mois de juin et juillet. La pupaison a lieu au sol et les adultes émergent en fin de juillet ou en août. Les adultes restent actifs jusqu'aux gelées, les femelles pouvant pondre quelques centaines d'oeufs.

Les infestations de la chrysomèle sont très probables en cultures continues de maïs. La rotation est une mesure de répression potentiellement efficace, car le maïs est essentiel à la survie des larves issues des oeufs pondus l'année précédente (Beirne, 1971). Cependant, la rémanence de l'atrazine limite les possibilités de rotation. Plusieurs plantes cultivées, en effet, ne pousseront pas dans un sol contenant des résidus d'atrazine (ILC, 1988). La réduction des labours favorise la répression de la chrysomèle en évitant de remonter les oeufs à la surface du sol.

Conclusion

Un bon drainage et la destruction des plantes-hôtes alternatives favorisent la répression de la chrysomèle des racines du maïs. De plus, la rotation des cultures et la réduction des labours sont des méthodes de régie des cultures à adopter.

Tableau 5 : CHRYSOMÈLE DES RACINES DU MAÏS, Diabrotica longicornis Barberi S. et L.
Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression

Méthode	Principe d'action	Usage	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Rotation	réduit les populations d'insectes qui ne peuvent survivre plus d'un an sans la présence des racines du maïs	éviter de planter le maïs plus d'une année consécutive	une seule année sans maïs élimine complètement la chrysomèle des champs ; les herbicides utilisés dans les champs de maïs empêchent la pousse d'autres cultures pour une durée de 4 ans	présentement recommandée par le réseau d'avertissements phytosanitaires du MAPAQ et le CPVQ	méthode à inclure dans les recommandations d'usage pour une répression sans insecticides ; non réaliste pour les grandes monocultures au Québec	Rupel et Sharp, 85 ; Beirne, 71 ; ILC, 88
II. Réduction des labours	évite de remonter les larves à la surface	les parcelles sans labour subissent moins de dommages que celles régies par un système de labour à charrue à socs et versoirs ou à cultivateur sous-soleur	ne pas effectuer de labour peut favoriser la pyrale du maïs	nécessite un bon suivi par des conseillers pour savoir si la chrysomèle est plus importante que la pyrale dans les champs	nécessite de la recherche supplémentaire	Stinner et Krueger, 86
III. Hygiène	réduire les hôtes alternatifs	désherbage des graminées dans les champs	nécessite une opération supplémentaire	recommandée par le réseau d'avertissements phytosanitaires du MAPAQ	méthode à inclure dans les recommandations d'usage pour une répression sans insecticides	Réseau d'avertissements phytosanitaires du MAPAQ
IV. Drainage	favoriser le développement racinaire	éliminer les excès d'eau	les sols compactés et mal drainés favorisent les attaques de la chrysomèle	recommandée par les conseillers agricoles	méthode à inclure dans les recommandations d'usage pour une répression sans insecticides	

1.3.6 Doryphore de la pomme de terre *Leptinotarsa decemlineata* (Say)

Les adultes du doryphore de la pomme de terre passent l'hiver enfouis dans le sol dans les champs cultivés ou aux abords ; ils émergent en mai ou juin. Ils marchent ou volent alors en quête de feuillage pour se nourrir et s'accouplent. Les oeufs sont pondus en masses sur le feuillage et éclosent après un peu plus d'une semaine. Les larves se nourrissent du feuillage et passent par quatre stades en deux à trois semaines. Le dommage résulte surtout de l'alimentation des larves du dernier stade. Les larves matures s'enfouissent dans le sol et se transforment en pupes. Les pupes éclosent après un peu plus d'une semaine ; les adultes sortent pour se nourrir, puis retournent dans le sol et entrent en diapause. Dans les régions les plus au sud, les adultes pondent de nouveau avant d'hiberner.

Le doryphore a reçu les premières applications massives d'insecticides en agriculture. Il a été réprimé par toutes les catégories de produits à mesure qu'ils apparaissaient sur le marché (Casagrande, 1987). Les adultes se nourrissent aussi des parties aériennes de l'aubergine, de la tomate et parfois d'autres plantes. Des races de doryphore préfèrent certaines plantes.

La rotation est utile. Son efficacité augmente avec la distance entre les champs et avec l'intervalle avant le retour de la pomme de terre dans un champ (Hollyday et Parry, 1987). Les populations du doryphore sont très fluctuantes et surtout drainées par le manque de nourriture, l'émigration des adultes et la mortalité hivernale (Harcourt, 1971 ; Hollyday et Parry, 1987).

Conclusion

Le doryphore est un ravageur cosmopolite, génétiquement très diversifié et capable de réactions évolutives face à tout facteur de mortalité soutenue. L'usage de pesticides ou de toute autre mesure de répression intense du ravageur a peu de chances d'être très efficace à long terme. Le dépistage systématique du ravageur et la lutte intégrée axée sur des interventions multidirectionnelles sont donc les approches alternatives les plus prometteuses.

Tableau 6 : DORYPHORE DE LA POMME DE TERRE, Leptinotarsa decemlineata (Say)
Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression

Méthode	Principe d'action	Usage	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Compagnonnage	masque les odeurs de la plante-hôte par d'autres espèces végétales	cultiver des rangées de gros oignons à tous les 6 mètres parmi les plants ; utiliser aussi des plants d'utica, de lin et de rainfort	méthode efficace ; peut rendre la récolte difficile ; nécessite une compétence dans l'aménagement des cultures	utilisée par certains agriculteurs au Québec	études supplémentaires requises	Guet, 85 ; Hill, 75
II. Temps des semis	réduit la nécessité de recourir à plusieurs traitements anti-parasitaires car on réduit la période d'infestation	planter plus tard dans la saison	capacité d'entreposage à vérifier	technique utilisée présentement au Québec	efficacité à démontrer	Boiteau, 87, 88
III. Rotation	favoriser la dispersion des insectes par l'absence d'une plante-hôte	éviter la rotation avec d'autres solanacées : tomates et aubergines ; rotations recommandées : 2 ans, seigle, sarrasin ; 3 ans, maïs, feuillus et légumineuses ;	efficace en début de saison	technique utilisée présentement au Québec	technique à publiciser pour plus grande utilisation ; technique de base de toute agriculture	Guet, 85
IV. Labour	éviter l'émergence des insectes par un enfouissement profond ; diminution des populations en tuant un certain nombre d'adultes	labourer en profondeur	efficace ; en enfouissant adultes plus profondément, étalement de la période d'apparition des adultes au printemps	technique utilisée présentement au Québec	à intégrer à d'autres méthodes de lutte	Wright, 84
V. Paillis	ralentir ou inhiber la descente des larves ou la remontée des adultes	utiliser un paillis suffisamment épais et planter en surface	nécessite une étape supplémentaire ; aide à la croissance des plants en général et à la répression des mauvaises herbes	à l'essai sur parcelles expérimentales au Québec	à intégrer à d'autres méthodes de lutte	Cox, 88
VI. Répression manuelle	diminuer la population d'insectes ravageurs	ramasser les adultes avant la période de ponte ainsi que les oeufs pondus	bonne efficacité sur de petites superficies	technique utilisée par certains agriculteurs biologiques	non réaliste pour de grandes superficies	Cox, 88 ; Guet, 85
VII. Fertilisation	les plants en santé résistent mieux aux ravages	implanter la culture un an ou deux après l'engrais vert	efficace	technique utilisée présentement au Québec	recherches nécessaires	

1.3.7 Mouche de la pomme
Rhagoletis pomonella (Walsh)

La mouche de la pomme est un insecte originaire d'Amérique du Nord. La larve creuse des galeries sinueuses dans la pulpe de la pomme. Les femelles adultes percent l'épiderme de la pomme avec leur ovipositeur et y pondent leurs oeufs, un à la fois. Les larves se nourrissent de la pulpe et terminent leur développement lorsque la pomme infestée est tombée au sol. Elles quittent le fruit et pénètrent dans le sol pour former leur pupe. Elles hibernent à ce stade. Une partie des adultes émergent le printemps suivant, d'autres peuvent attendre une année de plus.

La méthode préventive la plus efficace est la destruction des fruits infestés. Cependant, cette méthode s'avère trop laborieuse et souvent non rentable sur de grandes superficies. La mouche de la pomme peut être détruite par l'entreposage du fruit à 32°F pendant 40 jours.

Conclusion

La destruction des fruits infestés contribue à l'élimination des larves et à la répression des populations de la mouche de la pomme. Le développement de machines ou de techniques qui faciliteraient le ramassage à grande échelle serait souhaitable.

Tableau 7 : MOUCHE DE LA POMME, Rhagoletis pomonella (Walsh)
Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression

Méthode	Principe d'action	Usage	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
Hygiène	détruire les sites de nutrition et de reproduction	ramasser les fruits déclassés, infestés et les détruire	utiliser les fruits pour le compostage ; demande beaucoup de temps	pratiquée sur de petites superficies par des agrobiologistes	requiert le développement d'outillage spécialisé pour les grandes superficies	enquête chez les agro-biologistes

1.3.8 Mouche de l'oignon, Delia antiqua (Meig.)
Mouche du chou, Delia radicum (L.)
Mouche des légumineuses, Delia platura (Meig.)

Ces insectes, originaires d'Europe, sont maintenant présents partout dans l'hémisphère nord. Ils sont dommageables au stade larvaire et se nourrissent des racines de certaines plantes.

Les asticots de la **mouche de l'oignon** se nourrissent dans le bulbe de l'oignon, de l'ail, de l'échalote, du poireau et d'autres espèces d'Allium ; le dommage direct est souvent accompagné de pourriture bactérienne (Beirne, 1971). Les jeunes plants attaqués fanent et meurent mais les plants plus âgés peuvent survivre malgré les dommages au bulbe. En réponse à l'émission d'odeurs attractives, la mouche pond de préférence sur certaines variétés d'oignon et sur les plants les plus développés quelle que soit la variété (Perron, 1972). Ces préférences peuvent être exploitées pour surveiller la ponte et, en principe du moins, la diriger vers des plants-pièges. En pratique, l'application de cette mesure de protection sur de grandes surperficies n'a pas été sérieusement essayée.

La **mouche des légumineuses** est une espèce nuisible à l'oignon. Les asticots de la mouche des légumineuses sont plutôt détritivores que phytophages sur les oignons et n'infestent l'oignon que secondairement, en présence de dommage par la mouche de l'oignon ou lorsque la plantule est encore très jeune ou en germination (Beirne, 1971). De plus, la mouche des légumineuses attaque occasionnellement les pois, les haricots, les concombres et le maïs.

Dans ces cultures, les larves se développent sur les semences en germination dans le sol. Elles pénètrent dans les cotylédons et les dévorent ; les plantes meurent à l'émergence. Par contre, il doit y avoir une synchronisation parfaite entre le développement de la semence et celui de la mouche.

Les larves de la **mouche du chou** sont une menace de la fin de mai jusqu'à la mi-juin. Les choux de primeur transplantés sont les plus susceptibles à l'attaque des larves ; elles peuvent les détruire ou les affaiblir au point de réduire considérablement leur valeur commerciale (Anonyme, 1986).

Le cycle annuel au Québec comprend deux générations complètes et une troisième partielle (Perron, 1972 ; Boivin et Benoît, 1987). Les deux premières générations causent le plus de dommages. L'insecte passe l'hiver sous forme de pupe dans le sol ; les mouches émergent en mai et s'accouplent. La ponte au sol près de la base du plant commence une à deux semaines après l'émergence et dure environ deux semaines. Les oeufs éclosent en moins d'une semaine. Les asticots se nourrissent de quelques semaines à un mois, changent de plants plusieurs fois, pour ensuite s'empuper dans le sol. Les pupes éclosent quelques semaines plus tard et les mouches sortent pour s'accoupler et pondre. L'utilisation de bâche empêche la ponte à la base des plants.

La rotation a été suggérée comme méthode culturale de répression (Guet, 1985). Cependant, les mouches sont mobiles et fréquentent la végétation de bordure pour s'accoupler et se nourrir. De plus, elles peuvent

se développer sur les cultures avoisinantes et migrer au stade adulte. La destruction des plantes-hôtes secondaires peut contribuer à réduire considérablement les populations locales.

Le retardement des semis peut permettre d'éviter le pic de ponte en début de saison. Cette pratique est cependant incompatible avec la production de primeurs. Un labour profond en fin de saison peut exposer les pupes et ainsi augmenter le taux de mortalité des populations hibernantes.

Parmi les facteurs abiotiques, la nature du sol et l'humidité semblent jouer un rôle important, les sols argileux et la sécheresse étant défavorables à ces insectes (Beirne, 1971 ; Perron, 1972).

Conclusion

Malgré la variété de méthodes culturales suggérées pour la répression des mouches Delia, leur contrôle demeure encore très difficile. Une bonne régie des sols permet d'obtenir des plants vigoureux et résistants. Il ne faut pas négliger le désherbage des plantes-hôtes alternatives, quoique celles-ci peuvent servir, dans un premier temps, comme piège pour annoncer l'apparition de ces ravageurs (Sauriol, comm. pers.). Une meilleure connaissance de ces plantes-hôtes alternatives serait souhaitable afin de mieux régir la répression.

Tableau 8 : MOUCHE DE L'OIGNON, Delia antiqua (Meig.)
Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression

Méthode	Principe d'action	Usage	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Régie des cultures	encourager la croissance et la maturation rapide afin de récolter plus tôt	planter les oignons en petits groupements ou les éparpiller	au Québec, les infestations les plus importantes sont causées par la première génération de la mouche de l'oignon	non considérée au Québec, étudiée aux Etats-Unis	absolument non applicable pour le Québec	Cox, 86
II. Date des semis	éviter le pic de ponte de début de saison	retarder les semis	retarde la production de primeurs	non pratiquée au Québec	efficacité à démontrer pour le Québec	
III. Hygiène	prévient la survie hivernale et évite la présence d'attractants	enfouir les oignons en décomposition et les rebuts de culture à la herse après la récolte	nécessite une étape supplémentaire ; peut réprimer plusieurs ennemis des cultures	actuellement appliquée au Québec en agriculture conventionnelle	méthode préventive d'efficacité moyenne	Hill, 87
IV. Labour	exposer les pupes	effectuer un labour profond en fin de saison	diminue les populations locales hibernantes	les labours profonds sont de moins en moins recommandés afin de sauvegarder la pédofaune et l'intégrité des sols	efficacité à démontrer pour le Québec	Perron, 72 ; Sauriol (comm.pers.)

Tableau 9 : MOUCHE DU CHOU, Delia radicum (L.)
Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression

Méthode	Principe d'action	Usage	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Compagnonnage	camouflage des odeurs de la plante-hôte	pour crucifères : la sauge, le romarin et le thym ; pour framboises et roses : la tanaisie vulgaire	méthode efficace ; peut rendre la récolte difficile ; nécessite une compétence dans l'aménagement des cultures	pas utilisée au Québec	nécessite plus de recherche sur l'efficacité de diverses plantes compagnes	
II. Temps des semis	éviter les périodes d'abondance de la mouche	choisir les dates de plantation ; fin-mai, mi-juin doivent être évités	perte de la primeur ; réduit la période de susceptibilité des jeunes plants	pas utilisée au Québec	non réaliste pour producteurs de primeurs	Guet, 85 ; Sauriol (comm.pers.)
III. Rotation	favoriser la dispersion des insectes par l'absence de la culture-hôte	ne cultiver les crucifères sur la même parcelle qu'une année sur cinq	efficacité réduite par la grande mobilité de la mouche du chou	rotation déjà exercée pour réprimer des maladies	peu efficace comme méthode contre la mouche du chou	Guet, 85 ; Sauriol (comm.pers.)
IV. Régie du sol	méthode de prévention	modification de la structure du sol par un apport de compost	meilleure rétention d'eau ; symptômes de stress d'eau moins évidents	utilisée au Québec	efficacité à démontrer	Boivin (comm. pers.)
V. Bâche	interférer avec la ponte	étendre une pellicule synthétique	les géotextiles augmentent la croissance des mauvaises herbes ; gardent la culture au chaud au printemps ; polluants et coûteux	utilisée au Québec et aux Etats-Unis ; commercialisée au Québec	en voie de développement ; efficacité forte	Metcalf et Flint, 62 ; Sauriol (comm. pers.) ; Boivin (comm. pers.)
VI. Hygiène	éliminer les aires de concentration hivernales	destruction des débris de culture et répression de la moutarde dans les bordures et les champs avoisinants	nécessite une étape supplémentaire limitée par la grande mobilité de la mouche	pratiquée par certains agriculteurs du MAB ; efficacité forte	efficacité à démontrer	

Tableau 10 : MOUCHE DES LÉGUMINEUSES, Delia platura (Meig.)
Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression

Méthode	Principe d'action	Usage	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Plantation a) temps	retarder la plantation jusqu'à ce que les vers de la première génération aient évolué au stade de pupe	retarder la plantation jusqu'à la mi-juin	baisse de production	non appliquée en agriculture conventionnelle	peu pratique pour producteurs de primeurs	Hill, 87 ; Pimentel, 81 ; Sauriol (Comm. pers.)
b) profondeur	l'insecte adulte est attiré par l'humus, il faut réduire l'opportunité d'attaque	planter en profondeur sur un sol bien préparé pour une germination rapide	excellent pour la production	méthode peu utilisée ; à l'état expérimental	efficacité forte ; méthode à inclure dans les recommandations d'usage	
II.Labour	destruction des larves	dans le soya, utiliser un cultivateur sous-soleur, plutôt qu'une charrue à soc et versoir	efficacité très forte dans le soya, mais non dans le maïs ; peut favoriser l'érosion et la compaction du sol	les labours profonds sont de moins en moins recommandés afin de sauvegarder la pédofaune et l'intégrité des sols	efficacité à démontrer	
III. Fertilisation	les insectes sont attirés par la matière organique	éviter les amendements organiques	mauvais pour la structure des sols	méthode peu utilisée ; à l'état expérimental	efficacité à démontrer	
IV. Régie des sols	activer l'établissement de la culture afin d'augmenter la résistance des plantes	réchauffer le sol à l'aide d'un labour printanier ou du drainage	aide à augmenter le rendement de la production	méthode pratiquée au Québec dans divers buts	méthode préventive pour la répression des insectes	Guet, 85 ;
V. Bâche	offrir une barrière mécanique à la ponte	couvrir la plantation d'une bâche de polyester	peut devenir coûteux sur de grandes superficies ; les plastiques deviennent des déchets polluants après usage	divers types de bâches sont commercialisés au Québec	méthode efficace en voie de développement malgré sa nature polluante	Guet, 85 ; Sauriol, (Comm. pers.)

1.3.9 Piéride du chou, Artogeia (=Pieris) rapea (L.)
Fausse-teigne des crucifères, Plutella xylostella (L.)
Fausse-arpenteuse du chou, Trichoplusia ni (Hbn.)

La piéride du chou est un ravageur très important des crucifères. Avec la fausse-arpenteuse du chou et la fausse-teigne des crucifères, la piéride fait partie d'un trio de lépidoptères considérés ensemble pour des fins de protection (Anonyme, 1986).

Les chenilles de la **piéride du chou** se nourrissent du chou, du chou-fleur, du brocoli, du chou de Bruxelles, du chou frisé et du rutabaga ; et, occasionnellement, de l'oignon, de la moutarde cultivée, du navet, du radis et de quelques ornementales ; des crucifères sauvages sont aussi utilisées comme plantes-hôtes. La valeur commerciale d'une culture infestée de piéride diminue rapidement avec les dommages aux feuilles et la contamination par les excréments des chenilles.

Le cycle annuel au Québec commence avec l'arrivée des adultes en mai ou juin, par immigration des Etats-Unis où l'hibernation à l'état de chrysalide est possible, alors qu'au Québec elle est probablement insignifiante. Il y a deux et, par endroits, trois générations de larves par année selon la latitude, la première infestant des crucifères sauvages et causant peu de dommages aux plantes cultivées.

On ne voit pas souvent les dégâts causés par la **fausse-teigne des crucifères**, car les traitements contre la piéride du chou vont l'éliminer avant qu'elle ne se manifeste. La fausse-teigne mange le feuillage des crucifères par petites surfaces ou par points sans le perforer complètement, laissant une fine pellicule. Ces trous s'agrandissent avec le feuillage et affectent l'apparence du produit. Au Québec, il y a au moins deux générations par an. Les papillons vont hiberner dans les débris de culture. La destruction de ces débris s'avère donc une méthode efficace pour la répression culturale de cet insecte.

La **fausse-arpenteuse du chou** se nourrit entre les nervures du feuillage. Si les populations sont élevées, elles ne laissent que les nervures. Au Québec, on n'observe que rarement des dégâts sérieux de cet insecte (Anonyme, 1986). Aucune méthode de répression culturale n'est exercée uniquement dans le but de réprimer ce ravageur ; cependant, les pratiques mentionnées plus haut s'avèrent également efficaces contre la fausse-arpenteuse.

Conclusion

Une bonne régie des cultures comprenant fertilisation, irrigation et drainage permet une levée rapide des plantules et une résistance accrue à ces ravageurs. Il importe également de détruire les débris végétaux et les plantes-hôtes en bordure des champs.

Tableau 11 : PIÉRIDE DU CHOU, Artogeia rapae (L.) FAUSSE-TEIGNE DES CRUCIFÈRES, Plutella xylostella (L.) Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression

Méthode	Principe d'action	Usage	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Rotation	favoriser la dispersion des insectes par l'absence de la culture-hôte	ne pas cultiver de crucifères plus d'un an sur cinq sur la même parcelle ou près de celle-ci	excellent pour les sols ; nécessite une bonne planification	utilisée par les agriculteurs pour éviter la hernie des crucifères (champignon)	efficacité à démontrer	Guet, 85. Sauriol, (Comm. pers.)
II. Hygiène	éliminer les sites de nourriture, de ponte et de reproduction	détruire les débris de culture et labourer le champ ; il est aussi très important de détruire les plantes suivantes : moutarde des champs, bourse à pasteur et l'épidie densiflore	nécessite une étape supplémentaire ; les labours peuvent causer l'érosion des sols	pratique à recommander	efficacité à démontrer	Sauriol (Comm. pers.)
III. Fertilisation	permettre une levée rapide et une résistance accrue au ravageur	il faut ajuster adéquatement la régie des cultures	profitable pour le rendement de la production	pratiquée par les agriculteurs au Québec	méthode souhaitée dans la mesure du possible	Cox, 88
IV. Compagnonnage	masque les odeurs de la plante-hôte par d'autres espèces végétales	planter le chou sur une rangée entre deux rangées de tomates, aneth, ail, carthame, avoine ou orge	peut rendre la récolte difficile, peut réduire la récolte	utilisée par certains agrobiologistes au Québec	efficacité à démontrer	Talekar et al., 85 ; Pimentel, 81 ; Tabashnik et Man, 79
V. Irrigation	nuire au taux de réussite d'oviposition, les femelles pondent les oeufs sur le feuillage plutôt qu'en-dessous	irrigation par aspersion, la nuit ou au crépuscule	équipement peut être coûteux ; réduit de beaucoup la population de ravageurs	à l'état expérimental	efficacité forte	Talekar et al., 85 ; Tabashink et Man, 79

1.3.10 Pucerons, aphidae spp.

De taille minuscule, les pucerons, des homoptères, se nourrissent en piquant et en suçant la sève des plantes. En conditions favorables, en particulier lorsque les jours sont longs et que la température est douce, comme c'est souvent le cas en culture sous abri, les populations de pucerons sont constituées exclusivement de femelles qui se reproduisent par parthénogénèse. Les femelles adultes peuvent être ailées ou aptères, les ailées apparaissant en conditions de forte densité de population. Aux alentours de 20°C, les femelles adultes vivent un peu plus d'une semaine et donnent naissance à plusieurs dizaines, parfois plus d'une centaine, de descendants nés à l'état de larves mobiles capables de s'alimenter dès leur naissance. Les larves passent par quatre stades en un peu plus d'une semaine. En l'absence de mâles, le taux de multiplication des pucerons est très élevé, les générations se succèdent rapidement avec une possibilité de deux ou trois par mois.

En champs

Les pucerons incluent d'importants ravageurs des plantes cultivées partout dans le monde. Ils peuvent causer des dommages, non seulement en privant la plante d'une partie de la sève élaborée mais, aussi, indirectement, en excrétant du miellat sucré qui se dépose sur le feuillage où il sert de substrat aux moisissures et, surtout, en transmettant des maladies virales. Les plants fortement infestés dépérissent en montrant souvent des distorsions, notamment des parties en croissance, y compris des bourgeons, des fleurs et des feuilles.

Un excès de fertilisation azotée rend les plantes attrayantes. Afin de réduire cet attrait, la fertilisation doit être équilibrée pour favoriser une bonne croissance. Pour réduire la fertilisation azotée, il faut offrir à la culture des conditions favorisant l'assimilation des aliments, un bon drainage et de la chaleur.

L'émondage des drageons ou de certaines parties du feuillage préférées par les pucerons permet, dans une certaine mesure, de contrôler les pucerons dans les petits vergers d'arbres fruitiers. De plus, la destruction des plantes-hôtes secondaires doit être faite dans les champs cultivés ainsi qu'aux abords. La culture en bandes permet de réduire la dispersion locale lors d'une phase ailée.

En serres

Après les aleurodes et les acariens, les pucerons sont les insectes ravageurs les plus importants sur les cultures abritées (Rabasse et Wyatt, 1985). Leur population tend à s'accentuer lorsque la répression des ravageurs primaires est axée sur des méthodes biologiques plutôt que chimiques (Freuler et Paccaud, 1980). Aucune méthode culturale en serre ne vise particulièrement la répression de ces ravageurs. Par contre, le désherbage autour des serres demeure une pratique recommandée. Par ailleurs, avec le développement de la lutte intégrée en serre depuis une vingtaine d'années (van Lenteren et Woets, 1988), divers agents biologiques ont été essayés pour la répression des pucerons en serres.

Conclusion

La méthode culturale préventive la plus efficace contre les pucerons des serres et des champs demeure le désherbage des plantes-hôtes alternatives. Une bonne connaissance de ces plantes permettra de les reconnaître et de les supprimer.

Les problèmes de pucerons sont souvent associés à un excès d'azote. Il faut donc surveiller la fertilisation et apprendre à conserver l'équilibre du sol. En serre, toute méthode culturale aurait avantage d'être intégrée à d'autres modes de lutte, dont les pièges collants (tome 4) et l'introduction d'agents biologiques (tome 3).

Tableau 12 : PUCERONS, aphidae spp.
Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression

Méthode	Principe d'action	Usage	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Fertilisation	les pucerons sont attirés par les pousses succulentes provoquées par un apport d'azote élevé	éviter les pousses succulentes par une fertilisation modérée et à base organique, donc un équilibre d'oligo-éléments, de minéraux majeurs et mineurs	efficacité forte ; bon pour l'équilibre des sols	méthode pratiquée au Québec	efficacité à démontrer	Guet, 85
II. Régie des cultures : drainage, chaleur	afin de réduire la fertilisation (azote), il faut offrir des conditions qui favorisent l'assimilation des aliments	s'assurer d'un bon drainage en cultivant à l'endroit approprié	une bonne régie des sols est toujours favorable à la production	méthode pratiquée par certains agriculteurs au Québec	méthode à recommander	Sullivan, 89 (Comm. pers.)
III. Emondage et taille	réduire l'attrait de la culture en éliminant les parties préférées de la plante	émondage des drageons ou de certaines parties du feuillage	travail très long à effectuer ; peut être difficile à accomplir	efficacité faible lorsqu'utilisée par les agriculteurs ; les résultats scientifiques et pratiques sont contradictoires	non réaliste pour les grandes superficies	
IV. Culture en bandes (brise-vent)	éviter la dispersion des insectes	intercaler 5-6 rangs de maïs ou seigle d'automne	demande de la planification ; facile à établir	à l'état expérimental	méthode prometteuse	Sullivan (Comm. pers.)
V. Bâche	retarder l'établissement des maladies véhiculées par les pucerons	utiliser une bâche d'aluminium	les bâches d'aluminium peuvent être coûteuses ; nécessite une étape supplémentaire	à l'état expérimental	technique trop coûteuse pour être appliquée sur des grandes superficies	Cohen et Berlinger, 85

Tableau 12 : PUCERONS, aphidae spp.
Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression (suite)

Méthode	Principe d'action	Usage	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
VI. Hygiène	éliminer les sites de nourriture, de ponte et de reproduction	destruction des mauvaises herbes et des plantes proches parentes des cultures dans les champs et aux abords	nécessite une étape supplémentaire	méthode pratiquée par certains agriculteurs au Québec	efficacité à démontrer	
VII. Compagnonnage	masque les odeurs de la plante-hôte par d'autres espèces végétales	la ciboulette, l'ail, l'ortie dioique, la tanasie vulgaire et l'herbe à chat sont d'excellentes plantes compagnes pour la protection contre les pucerons	certaines plantes sauvages peuvent être difficiles à contrôler	méthode pratiquée par certains agrobiologistes au Québec	efficacité à démontrer sur des grandes superficies	Matthews, 82 ; Hill, 75

1.3.11 Punaise terne
Lygus lineolaris (Palisot de Beauvois)

La punaise terne est un ravageur indigène polyphage et d'une grande mobilité (Kelton, 1975 ; Henry et Lattin, 1987). Elle est est largement répandue en Amérique du Nord. Au Canada, elle attaque les légumineuses fourragères, les arbres fruitiers, la pomme de terre ; plusieurs productions légumières, incluant le céleri, le concombre, la laitue, l'épinard, le haricot, la tomate, la courge et le poivron, ainsi que plusieurs espèces florales (Beirne, 1972). La punaise se nourrit préférentiellement sur les parties en croissance et ses dommages varient selon la plante, s'exprimant par la réduction de la croissance, la distorsion ou la dégénérescence des apex, la chute des fleurs, le rabougrissement des feuilles, l'apparition de lésions nécrotiques, la baisse de fructification et la déformation des fruits.

La punaise peut compléter deux générations par année. Les adultes de la seconde génération apparaissent tard en été ou au début de l'automne et cherchent refuge pour hiberner, normalement dans le couvert végétal ou la litière des cultures pérennes, des abords de champs ou des sous-bois.

La proximité de milieux propices à l'hibernation ou d'autres cultures favorables à la punaise comme la luzerne sont à éviter dans un programme de lutte contre la punaise (Beirne, 1972). La récolte en bandes a été expérimentée dans le but de diminuer la population. Lors des récoltes, la punaise terne se déplace vers les bandes immatures, au lieu de s'envoler vers les autres cultures. Comme les ennemis naturels se déplacent aussi de bandes en bandes, la population du ravageur n'augmente pas et, si le foin est coupé aux quinze jours, les oeufs et les nymphes sur la luzerne des bandes immatures sont enlevés lors de la récolte.

Conclusion

La récolte en bandes de la luzerne semble recommandable pour réprimer la punaise terne. Il est possible d'utiliser les connaissances actuelles sur l'écologie de cet insecte pour tenter de contrôler la croissance des populations locales par l'entretien du site. La destruction des plantes-hôtes alternatives et des débris de culture réduit considérablement les populations hibernantes.

Tableau 13 : PUNAISE TERNE, Lygus lineolaris (P. de B.)
Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression

Méthode	Principe d'action	Usage	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Hygiène (fruits)	élimine les sites de nutrition de reproduction et de ponte	élimination des mauvaises herbes, légumineuses et fruits infestés	nécessite une opération supplémentaire ; la destruction de certains sites peut affecter les prédateurs et l'équilibre écologique du site	déjà pratiquée par les agriculteurs	peut être difficile à réaliser	Vincent (comm. pers.)
		élimination des plantes-hôtes autour des jardins, vergers et fraisières	nécessite une opération supplémentaire ; peut augmenter la croissance des plantes	déjà pratiquée par les agriculteurs	technique restreinte aux arbres et arbustes	Vincent (comm. pers)
II. Hygiène (légumes)	élimine les sites de nutrition, de reproduction et de ponte	élimination des mauvaises herbes en bordure des champs	nécessite une opération supplémentaire ; peut nuire aux ennemis naturels	déjà pratiquée par les agriculteurs	efficacité à démontrer, recherche nécessaire	Boivin (comm. pers.)

1.3.12 Pyrale du maïs
Ostrinia nubilalis (Hübner)

La pyrale du maïs est le ravageur le plus important du maïs. Elle peut infester jusqu'à 50% des épis sans mesure de répression ; elle est particulièrement dommageable au maïs sucré (Beirne, 1971 ; Hudon et LeRoux, 1986a). Largement répartie dans le monde, la pyrale a été introduite accidentellement en Amérique vers 1910 et rapportée au Québec pour la première fois en 1926. Les chenilles peuvent se nourrir de plusieurs plantes herbacées à tige suffisamment grosse pour être pénétrée par la larve. Parmi les autres plantes attaquées, il y a la pomme de terre, la tomate, le chou, le poivron, la féverole, le houblon et l'aubergine.

On connaît trois races en Amérique, selon le nombre de générations annuelles (Hudon, 1986 ; Hudon et LeRoux, 1986a, b). Seule la race univoltine était connue au Québec avant 1975, mais la race bivoltine s'est établie depuis dans le sud-ouest. La pyrale hiberne dans le chaume du maïs à l'état de larve mature et passe au stade chrysalide vers la fin de mai ou le début de juin. Les papillons univoltins volent et pondent tard en juin et en juillet, alors que ceux de la première génération de la race bivoltine sont actifs un peu plus tôt. Les oeufs sont pondus en masses de 10 à 30 sous le feuillage des plants les plus hâtifs. La larve éclôt environ une semaine plus tard et se nourrit du jeune feuillage et de la panicule en déploiement dans le cornet. La larve âgée pénètre dans la plante pour se nourrir de la pulpe de la tige ou de la panicule ou des grains et des soies de l'épi ; affaiblis, les tiges, panicules et épis peuvent casser et tomber. Passant par cinq stades, la larve atteint la maturité au moment de la récolte et descend vers la base du plant en prévision de la diapause hivernale ; celle de la race bivoltine passe au stade chrysalide en août et le papillon émerge pour un deuxième vol environ deux semaines plus tard.

Il est recommandé de détruire les résidus de culture au printemps afin de diminuer la population de larves ; cette pratique, obligatoire durant les années 1930, a été abandonnée car elle avait peu d'effet sur la dynamique de la population (Beirne, 1971 ; Hudon, 1986). Selon Hudon (1986), les façons culturales normales détruisent jusqu'à 75% des larves hibernantes, ce qui n'élimine pas la possibilité d'une infestation. Un problème majeur avec la pyrale est la grande mobilité des adultes, rendant difficile l'application de toute mesure préventive.

Divers insecticides de contact sont recommandés pour la répression des chenilles sur le maïs sucré, avant leur pénétration dans la plante. Ces traitements peuvent être très dommageables aux abeilles ou aux auxiliaires.

Conclusion

Des méthodes culturales tels la destruction des tiges et le labour profond contribuent à la répression de la pyrale du maïs en détruisant jusqu'à 75% des larves hibernantes.

Tableau 14 : PYRALE DU MAÏS, Ostrinia nubilalis (Hübner)
Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression

Méthode	Principe d'action	Usage	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Temps des semis	éviter les périodes d'abondance de la pyrale	planter tard en saison afin de réduire les dommages	dépend des facteurs climatiques ; nécessite des informations spécifiques pour chaque région	utilisée par les agriculteurs	besoin de dates précises pour le Québec	Cox, 88 ; Pimentel, 62
II. Labour	détruire les sites d'hibernation	destruction des tiges au rotoculteur suivie d'un labour profond à l'automne ou tôt le printemps	mesure très efficace si elle est appliquée avant la mi-juin	présentement recommandée par le réseau d'avertissements phytosanitaires du MAPAQ et le CPVQ	méthode à inclure dans les recommandations d'usage pour une répression sans insecticides	Feuillet RAPQ ; Réseau grandes cultures, 1988, communiqué 15
III. Fertilisation	assure une bonne croissance et une résistance accrue aux ravageurs	l'azote augmente les dommages aux plantes ; le phosphore augmente la résistance	nécessite de la planification et la connaissance des engrais	utilisée par les agriculteurs ; efficacité moyenne	efficacité à démontrer ; nécessite plus de recherche	Cox, 88 ; Pimentel, 62
IV. Drainage	permet un accès au terrain plus tôt dans la saison de culture	plantation précoce	peut induire le besoin pour l'irrigation plus tard dans la saison ; perte de minéraux ; pollution des sols due à l'accumulation des drains	utilisée par les agriculteurs ; efficacité moyenne	efficacité à démontrer ; nécessite plus de recherche	Cox, 88 ; Pimentel, 62

1.3.13 Tarsonème du fraisier
Steneotarsonemus pallidus Banks

Le tarsonème du fraisier est surtout un ravageur de cultures florales abritées, mais peut aussi infester des cultures non abritées, en particulier le fraisier (Beirne, 1972 ; Bassett, 1985). Un ravageur secondaire en cultures sous verre protégées par des insecticides chimiques, il prend une importance notable lorsque la lutte biologique est appliquée contre les ravageurs primaires (Bassett, 1985).

Le tarsonème se nourrit en piquant et en suçant la sève des parties en croissance de la plante. Ses dégâts se reconnaissent au rabougrissement des fleurs et des bourgeons et au gaufrage du jeune feuillage attaqué (Parent, 1963 ; Bassett, 1985). Peu d'informations sont disponibles concernant la régulation des populations naturelles du tarsonème. Sur les ornementales en serre, une humidité et des températures élevées ainsi qu'une faible luminosité favorisent les infestations (Bassett, 1985).

Conclusion

Peu de méthodes culturales ont été développées dans le but de réprimer le tarsonème. L'utilisation de plants certifiés semble la méthode préventive la plus accessible. Il importe également de faciliter l'implantation de la lutte intégrée contre le tarsonème fondée sur la protection des acariens phytoséiides.

Tableau 15 : TARSONÈME DU FRAISIER, Steneotarsonemus pallidus Banks
Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression

Méthode	Principe d'action	Usage	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
Hygiène	empêcher la dissémination régionale du ravageur	n'acheter que des plants inspectés ou certifiés	suivre des mesures d'hygiène lors de la manipulation de plants infestés	mesure préventive déjà exercée dans le but de réprimer d'autres maladies et ravageurs	efficace	Sullivan (Comm.pers.)

1.3.14 Tétranyque à deux points Tetranychus urticae Koch

Le tétranyque à deux points est un ravageur polyphage pouvant infester plusieurs plantes sauvages et cultivées en champ, jardin, verger, pépinière et serre (Hussey et Huffaker, 1976 ; Freuler et Paccaud, 1980 ; Scopes, 1985 ; Fauvel et al., 1987). Sous nos conditions climatiques, les pommiers, fraisiers, haricots et tomates sont parfois infestés par les tétranyques par temps chaud et sec (Beirne, 1972), mais d'autres plantes peuvent aussi servir d'hôtes (Paradis, 1955). A cause des conditions favorables en serres, les légumes, notamment le concombre, ainsi que les fleurs sont les plus souvent attaqués (Pralavorio et al., 1975 ; Freuler et Paccaud, 1980 ; McClanahan, 1971 ; 1984). Sous des conditions favorables, les générations se succèdent sans interruption et la multiplication est très rapide.

Paradis (1955) mentionnait que le tétranyque peut compléter cinq ou six générations par an au Québec. En nature, les conditions défavorables causent l'apparition d'un stade de la femelle qui hiberne en diapause (Scopes, 1985).

Dans les cultures sous verre, le nombre de tétranyques hivernant est déterminant du potentiel d'infestation (Hussey et Huffaker, 1976).

En conditions naturelles, le développement des tétranyques est favorisé par le temps chaud et sec et limité par les basses températures, l'humidité élevée et la pluie (Fauvel et al., 1987). En serre, un arrosage fréquent, par puissant jet d'eau, est recommandé dans le cas de cultures pouvant supporter ce traitement (Stenseth, 1985).

Conclusion

L'élimination des sites de reproduction contribue à réprimer les populations de tétranyque à deux points. Cependant, la lutte intégrée demeure la méthode la plus efficace contre ce ravageur. Il importe donc de favoriser l'action des ennemis naturels par une régie des cultures adéquate.

Tableau 16 : TÉTRANYQUE À DEUX POINTS, Tetranychus urticae Koch
Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression

Méthode	Principe d'action	Usage	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Régie des cultures	favoriser le contrôle naturel	éviter si possible l'utilisation des pesticides ;	peut favoriser d'autres insectes ravageurs	encouragée de plus en plus par les réseaux de dépistage	lutte intégrée	Vincent et Lachance, 87
		arroser fréquemment avec un jet d'eau puissant	nécessite un boyau d'arrosage	peu utilisée	non réaliste pour de grandes superficies	Hill, 87
II. Hygiène	détruire les sites de reproduction	éliminer les mauvaises herbes à larges feuilles (dicotylédones)	nécessite une étape supplémentaire	déjà recommandée par le réseau d'avertissements phytosanitaires	pratique recommandée	Feuillet RAPQ, Réseau pommier

1.3.15 Tétranyque rouge du pommier *Panonychus ulmi* (Koch)

Le tétranyque rouge fait partie d'un complexe d'acariens phytophages, incluant aussi le tétranyque à deux points, d'importance variable en culture fruitière (Parent, 1967 ; Bostanian et Coulombe, 1986). Le tétranyque rouge attaque le pommier, mais aussi l'orme, le prunier, le poirier et la vigne, parmi d'autres.

Une infestation sévère peut diminuer le rendement. Contrairement à la plupart des autres mites qui hibernent à l'état adulte, le tétranyque rouge hiberne au stade oeuf. Les oeufs, de couleur rouge, sont pondus groupés à la base des bourgeons et des rameaux, par des femelles d'automne dont l'apparition est initiée par les jours courts. L'éclosion commence tôt au printemps, pour s'étaler sur trois ou quatre semaines jusqu'au stade bouton rose (Parent et Beaulieu, 1957).

Le développement des acariens phytophages est favorisé par des températures élevées. La régulation naturelle est effectuée par divers prédateurs.

Conclusion

La répression du tétranyque rouge en verger s'avère possible par l'action des prédateurs acariphages naturels, dans le cadre de la lutte intégrée axée sur l'emploi limité des pesticides chimiques. La méthode culturale la plus compatible à cette approche est l'émondage des parties atteintes.

Tableau 17 : TÉTRANYQUE ROUGE, Panonychus ulmi (Koch)
Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression

Méthode	Principe d'action	Usage	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
Emondage	réduire les populations de ravageurs hibernants	destruction des parties atteintes et éclaircissage	peut augmenter la croissance des arbres ; nécessite un travail supplémentaire ; peut causer une augmentation des populations si l'émondage est exagéré	méthode utilisée au Québec	méthode à inclure dans les recommandations d'usage	C.P.V.Q.

1.3.16 Thrips des petits fruits *Frankliniella occidentalis* (Pergande)

Jusqu'à récemment d'importance mineure, sauf dans l'ouest américain, on trouve maintenant le thrips des petits fruits en cultures sous abri partout en Amérique du Nord (Parella, 1988 ; Smith, 1988) et en Europe où il semble avoir été introduit accidentellement, il y a quelques années (Bournier et Bournier, 1987). Dans l'est du Canada, il dépasserait maintenant le thrips de l'oignon, *Thrips tabaci*, et *Frankliniella tritici* en importance (Broadbent, 1988). Très polyphage, le thrips des petits fruits cause des problèmes dans l'ouest américain mais, ailleurs, il se rencontre surtout sur les cultures maraîchères et florales en serres, notamment le concombre, la tomate, le piment et le chrysanthème (Parella, 1988).

L'hibernation a lieu sur les plantes vivaces dans les régions à climat doux mais, sous nos conditions, elle est peu probable. On recommande toutefois un léger labour afin d'éliminer, s'il y a lieu, les populations hibernantes (Hill, 1987).

Il existe peu d'informations sur la régulation des populations naturelles du thrips des petits fruits. En nature, une humidité et des températures élevées favorisent les infestations.

Conclusion

Aucune méthode culturale n'est actuellement proposée pour la répression du thrips des petits fruits en serres. En champs, on recommande un léger labour dans les régions où il existe une possibilité de retrouver des populations hibernantes.

Tableau 18 : THRIPS DES PETITS FRUITS, Frankliniella occidentalis (Perg.)
Sommaire sélectif des méthodes culturales de répression

Méthode	Principe d'action	Usage	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Temps des plantations	éviter certaines infestations	plantation précoce	peut nécessiter un drainage du sol	peu pratiquée uniquement dans ce but	efficacité à démontrer	Hill, 87
II. Labour	tuer les pupes qui se trouvent dans le sol et les adultes dans la litière et dans les feuilles	travailler la terre après la récolte	peut causer l'érosion des sols	souvent pratiquée dans le but de réprimer d'autres insectes	efficacité à démontrer	Hill, 87

1.4 Conclusion

Les méthodes culturales comptent parmi les plus anciennes méthodes de contrôle des insectes nuisibles. L'avènement des pesticides de synthèse entraîna l'abandon de ces méthodes. Comme les méthodes culturales sont de nature préventive plutôt que curative, elles demandent une planification à long terme. Des connaissances précises des relations culture-ravageur et environnement sont requises dans l'élaboration de méthodes culturales efficaces.

Ces connaissances, insuffisantes dans le passé, expliquent les résultats variables obtenus ainsi que la difficulté d'évaluation. Il n'est donc pas surprenant que la majorité des agriculteurs aient adopté les méthodes qui semblaient plus fiables et nécessitaient moins de connaissances et d'expertises. Aujourd'hui, la situation est très différente. Nous possédons une meilleure compréhension des relations bioécologiques des systèmes de culture, des modèles informatisés de pronostic pour certains insectes et la conscience environnementale nécessaire à une réduction des substances de synthèse dans la lutte contre les insectes nuisibles.

Dans le contexte actuel, les méthodes culturales ne s'avèrent pas une panacée pour la prévention et le contrôle des ennemis des cultures. D'un côté, les méthodes soucieuses de l'environnement exigent une connaissance et une expertise du milieu, l'organisation et la régie optimale des agro-écosystèmes, le design de polycultures intégrées, l'utilisation de plantes-abris, la rotation des cultures, la régie des semis, de la récolte et du travail aux champs, etc. A l'autre extrême, des méthodes d'interventions plus lourdes de conséquences peuvent engendrer l'érosion des sols et la dégradation de l'environnement, tels les labours intensifs, les jachères d'été, la destruction par le feu, les inondations des terres, la destruction de parcelles non cultivées abritant des hôtes alternatifs pour les ravageurs, etc.

Le développement de concepts et méthodes de régie, capables de maintenir les dommages sous les seuils acceptables, devrait permettre d'empêcher les ravageurs de nuire, en utilisant et en intégrant une gamme de méthodes de répression culturales et bio-écologiques. Les pesticides seront alors réservés aux urgences.

Les progrès, dans ce domaine, reposent sur le développement et l'implantation des méthodes culturales de répression des ravageurs ainsi que leur intégration aux objectifs et pratiques agricoles. En tête de liste, on note le manque de recherches, de formation, de service, d'équipement, d'espèces et de cultivars appropriés. En plus de combler ces lacunes, des changements dans nos valeurs et attitudes sont requises ; par exemple, l'emphase doit être mise sur la qualité nutritionnelle plutôt que sur l'apparence, ainsi que sur le maintien des ravageurs sous des seuils de nuisance.

1.5 Bibliographie

Alicandro, A. J. et M. Peters, 1983. Survival of Alfalfa Blotch Leafminer, Agromyza frontella (Diptera : Agromyzidae), in field curving of alfalfa. Can. Entomol. 115 :89-91.

Andaloro, J. T., T. M. Peters et A. J. Alicandro, 1983. Population dynamics of the Alfalfa Blotch Leafminer, Agromyza frontella, and its influence on alfalfa yield in Massachusetts. Environ. Entomol. 12(2) : 510-514.

Anonyme, 1986. Phytoprotection I : Diagnostic des problèmes phytosanitaires. Cours de formation à l'intention des conseillers agricoles du MAPAQ préparé et dispensé par la Direction de la recherche agro-alimentaire du MAPAQ.

Amkeny, R., 1984. Alternative Agriculture (Rodale). Journ. of Soil and Water Conserv., Sept/Oct, 1984, pp. 294-296.

Archer, T. L., E. D. Bynum, Jr. et A. B. Onken, 1987. Influence of fertilizer on Southwestern Corn Borer, Diatraea grandiosella, infestation and damage to field corn. Entomol. Exp. Appl., 43 : 271-274.

Basset P., 1985. Biology of minor pests. Tarsonemid mites. pp. 93-96, In : N.W. Hussey et N. Scopes (eds.) Biological pest control. The glasshouse experience, Cornell University Press, Ithaca, New York, 240 p.

Beirne, B. P., 1971. Pest insects of annual crops in Canada. I. Lepidoptera. II. Diptera. III. Coleoptera. Entom. Soc. Canada Mem. No 78. 123 p.

Boivin, G. et D. L. Benoît, 1987. Predicting onion maggot (Diptera : Anthomyiidae) flights in southwestern Québec using degree-days and common weeds. Phytoprotection 68 : 65-70.

Boivin, G., 1988. Effects of carrot developmental stages on feeding and oviposition of carrot weevil, Listronotus oregonensis (Le Conte) (Coleoptera : Curculionidae). Environ. Entomol. 17 : 330-336.

Bournier, A. et J. P. Bournier, 1987. L'introduction en France d'un nouveau ravageur : Frankliniella occidentalis. Phytoma - Défense des cultures 388 :15-17.

Broadbent, A. B., 1988. Management of insect vectors of floricultural crops. p. 330, In : Abstracts and author index. Proc. XVIII International Congress of Entomology, Vancouver, B.C., Canada, July 3rd to 9th, 499 p.

Brust, G. E., B. R. Stinner et D. A. McCartney, 1985. Tillage and soil insecticide effects on predator Black Cutworm (Lepidoptera : Noctuidae) interactions in corn agroecosystems. J. Econ. Entomol.,78(6)

Burton, R. L., D. R. Jones, J. D. Burd, G. A. Wicks et E. G. Krenzer Jr, 1987. Damage by Greenbug (Homoptera : Aphididae) to grain sorghum as affected by tillage, surface residues and canopy. J. Econ. Entomol., 80 : 792-798.

Burton, R. L. et E. G. Krenzer Jr, 1985. Reduction of Greenbug (Homoptera : Aphididae) population by surface residues in wheat tillage studies. J. Econ. Entomol., 78(2) : 390-394.

Capinera, L., T. Jeissling et E. E. Schweizer, 1985. Compatibility of intercropping with mechanized agriculture : Effects of strip intercropping of Pinto Beans and Sweet Corn on insect abundance in Colorado. J. Econ. Entomol., 78 : 354-357.

Casagrande, R.A., 1987. The Colorado potato beetle : 125 years of mismanagement. Bull. Entomol. Soc. Amer. 33 :142-150.

Coaker, T. H., 1987. Integrated Pest Management, Chap. 3. Ed. Burn, A. J., T. H. Coaker et P. Jepson, Academic Press Ltd. Grande-Bretagne.

Cohen, S. et M. J. Berlinger, 1986. Transmission and cultural control of Whitefly-borne viruses. Agriculture, Ecosystems and Environment, 17 : 89-97.

Cox, J. et Ed. of Rodale's Organic Gardening Magazine. 1988. How to Grow Vegetables Organically. Rodale Press, Inc., Emmaus, PA, U.S.A.

Dalman, P. et S. Malkki, 1986. Experiments on chemical and cultural control of the Raspberry Cane Midge (Ressetiella theobaldi) and midge blight. Annales Agriculturae Fenniae, 25 : 233-241.

Davidson, R. et W. F. Lyon, 1987. Insect Pests of Farm Garden and Orchard, 8th ed. John Wiley and Sons, Inc., U.S.A.

Deedat, Y. D., C. R. Ellis et J. Elmhinst, 1982. Proceedings of the Entomological Society of Ontario. 113 :43-51.

El Titi, A., 1987. Environmental manipulation detrimental to pest. Landesanstalft fur Pflanzenschutz, Reinsburgstrasse 107, D-7000, Stuttgart, Allemagne de l'Ouest.

Fauvel, G., B. Naïbo, C. Le Goff et P. Tessier, 1987. Les acariens tétranyques du maïs. Phytoma. Défense des cultures, pp. 25-27.

Francis, S. R., 1988. Comments on cultural control of insect pests. Sustainable Agric. Survey Summary. University of California Davis. Davis, CA.

Freuler, J. et F. X. Paccaud, 1980. Lutte biologique de la théorie à la pratique. Emploi de deux auxiliaires dans la lutte contre la mouche blanche et l'araignée jaune. Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic. 12 : 99-113.

Funderburk, J. E., L. P. Pedigo et E. C. Berry, 1983. Seedcorn Maggot (Diptera : Anthomeyiidae) emergence in conventional and reduced-tillage soybeans systems in Iowa. J. Econ. Entomol., 76 : 131-134.

Goodyer, G. J., 1983. Wireworms and False Wireworms. Agfact AE.22. 1st ed. Biological and Chemical ResearchInstitute, Rydalmere.

Grafius, E. et R. D. Collins, 1986. Overwintering sites and survival of the carrot weevil, Listronotus oregonensis (Coleoptera : Curculionidae). Environ.Entomol. 15 ; 113-117.

Guet, G., 1985. Prévention des maladies et ravageurs en agriculture. Les Cahiers de l'Agriculture Biologique (no 1), Edition Nature et Progrès.

Hammond, G. H., 1954. Long-term fluctuation in population of White Grubs (Phyllophaga spp.) in sod in eastern Ontario. Emp. J. Exp. Agric., 22 : 59-64.

Harcourt , D. G., 1971. Population dynamics of Leptinotarsa decemlineata (Say) in eastern Ontario III. Major population process. Can. Entomol. 103 :1049-1061.

Hendrickson, R. M. Jr. et R. J. Dysart, 1983. Leaflet abscission caused by Alfalfa Blotch Leafminer (Diptera : Agromyzidae).J. Econ. Entomol., 76(5) : 1075-1079.

Henry, T. L. et J. D. Lattin, 1987. Taxonomic status, biological attributes, and recommandations for future work on the genus Lygus (Heteroptera : Miridae). pp. 54 -68, In : R. C. Hedlund et H.M. Graham (Eds.), Economic importance and biological control of Lygus and Anthocoris in North America, USDA Agricultural Research Service, ARS-64, 95p.

Hill, D. S., 1987. Agricultural Insect Pests of Temperate Regions and Their Control. Cambridge University Press. Grande-Bretagne.

Hill, S. B., 1974. Companion Plants. The Macdonald Journal, Mars 1975. Ste-Anne-de-Bellevue, Canada.

Hollyday, N. J. et R. H. Parry, 1987. Potato beetle control : ecology and management. pp. 77-98, In : G. Boiteau, R. P. Singh et R. H. Parry (Eds.), Potato pest management in Canada/Lutte contre les parasites de la pomme de terre au Canada, Proc. Symp. « Improving potato pest protection » Entente Canada/N.-B. sur le développement du secteur agro-alimentaire, Frédéricton N.-B., 354 p.

Horn, D. J., 1988. Ecological Approach to Pest Management. The Guilford Press, U.S.A.

Hudon, M. et E. J. LeRoux, 1986a. Biology and population dynamics of the European corn borer (Ostrinia nubilalis) with special reference to sweet corn in Québec. I. Systematics, morphology, geographical distribution, host range economic importance. Phytoprotection 67 : 39-54.

Hudon, M., 1986. Un exemple de lutte rationnelle contre un ravageur du maïs : la pyrale. Rev. Entomol. Québec : 31 : 23-32.

Hussey, N. W. et C. B. Huffaker, 1976. Spider mites. pp. 176-228, In : V. L Delucchi (Ed.) Studies in biological control. Cambridge University Press, New York, 304 p.

Insect Losses Committee, 1988. The economy of insect control on wheat, corn and canola in Canada 1980-1985. Bull. Entomol. Soc. Can. 20. suppl. 22 p.

Johnson, T. B. et F. T. Turpin, 1985. Northern and Western Corn Rootworm (Coleoptera : Chrysomelidae) oviposition in corn as influenced by foxtail populations and tillage systems. J. Econ. Entomol., 78 : 57-60.

Joshi, J.M., 1980. Effect of planting dates and soybean cultivars on pod damage by Corn Earworm. Crop Science, 20 (Jan/Feb, 1980) : 59-63.

Kelton, L. A., 1975. The Lygus bug (genus Lygus Hahn) of North America (Heteroptera : Miridae). Mem. Entomol. Soc. Can. No 95, 101 p.

Killian, J. C. et J. R. Meyer, 1984. Effect of orchard weed management on catfacing damage to peaches in North Carolina. J. Econ. Entomol., 77 : 1596-1600.

Langenbruch, V.G-A., 1981. Influence of straw chopping and soil cultivation on the mortality of hibernating larvae of Ostrinia nubilalis. Nachrichtembl. Dent. Pflanzenschutzd, (Braunschweig), 33, 1981.

Lim, K. P., R. K. Stewart et W. N. Yule, 1980. Extrait des annales de la société entomologique du Québec, 25(3) : 163-178.

Lockhead, W., 1919. Class Book of Economic Entomology with Special Reference to the Economic Insects of the Northern United States and Canada. P. Blakiston's Son et Co., Philadelphia, U.S.A.

McKinlay, R. G., 1985. Effect of undersowing potatoes with grass on Potato Aphid numbers. Ann. Appl. Biol., 106 : 23-29.

Metcalf, C. L. et W. P. Flint, 1962. Destructive and Useful Insects : Their Habits and Control. McGraw-Hill Book Co., U.S.A.

Moralo-Rejesus, B. et P. A. Javier, 1985. Detasseling technique for the control of Corn Borers Ostrinia furnacalis. Philipp Entomol., 6(3) : 287-306.

Oregon State University Extension Service, July 1982. How to Control Cabbage Maggots in Your Vegetable Garden. FS286. U.S.A.

Paradis, R. O., 1955. Cycle évolutif du tétranyque à deux points, Tetranychus bimaculatus Harvey (Acari : Tetranychidae) dans le sud-ouest du Québec. Nat. Can. 82 :5-30.

Parella, M. P., 1988. There is not just one, but several culprits attacking world crops. Greenhouse Manager. March 1988 : 80-88.

Parella, M. P., 1988. Biological method yields unbeatable thrips control. Greenhouse Manager. March 1988 : 149.

Perron, J. P., 1971. Insect pests of carrots in organic soils of southwestern Québec with special reference to the carrot weevil, Listronotus oregonensis (Coleoptera : Curculionidae). Can. Entomol. 103 : 1441-1448.

Pfadt, R. E., 1985. Fundamentals of Applied Entomology, 4th ed. MacKillan, New York, U.S.A.

Pimentel, D., 1981. CRC Handbook of Pest Management in Agriculture, Vol. I. CRC Press Line, Florida, U.S.A.

Pralavorio, M. P. Jourdheuil et P. Millot, 1975. Essais d'utilisation de l'acarien prédateur Phytoseiulus persimilis contre les tétranyques sur diverses cultures florales et maraîchères en serre. Ann. Zool. Ecol. Anim. 7 : 211-226.

Rabasse, J. M., I.J. Wyatt, 1985. Biology of pests and natural enemies. Biology of aphids and their parasites in greenhouses. pp. 66-73, In : N. W. Hussey et N. Scopes (Eds.), Biological pest control. The glasshouse experience, Cornell University Press, Ithaca, New York, 240 p.

Rader, J. S. and R. H. Walser, 1984. Efficacy and economics of Codling Moth control in organic and conventional pome fruit production. A.B. Academic Publishers. Biological Agriculture and Horticulture, 2(4) : 315-321.

Ruppel, R. F., 1985. A Systems Approach to Conservation Tillage. Ed. Frank, M. D. ITRI Lewis Publ. Chelsae Mich. p.137-143.

Smith, M. A., 1988. Advances in biocontrol of western flower thrips. Bio-Control News / Nouvelles en lutte biologique. Agric. Can. 1 : 33.

Scopes, N. E. A., 1985. Biology of pests and natural enemies. Red spider mite and the predator Phytoseiulus persimilis. pp. 43-52, In : N. W. Hussey et N. Scopes (Eds.), Biological Pest Control. The glasshouse experience, Cornell University Press, Ithaca, New York, 240 p.

Sparks, A. N., J. E. Carpenter et J. R. Young, 1979. Population of the European Corn Borer as related to double cropping corn in South Georgia. J. Georgia Entomol. Soc., 14(2) : 95-98.

Srinivasan, K. et G. K. Veeresh, 1986. Economic analysis of a promising cultural practice in the control of moth pests of cabbage. Insect Sci. Applic., 7(4) : 559-563.

Stenseth, C., 1985. Biology of pests and natural enemies. Whitefly and its parasite Encarsia formosa. pp. 30-33, In : N. W. Hussey et N. Scopes (Eds.), Biological Pest Control. The glasshouse experience, Cornell University Press, Ithaca, New York, 240 p.

Stevenson, A. B., 1976. Seasonal history of the carrot weevil, Listronotus oregonensis (Coleoptera : Curculionidae) in the Holland marsh, Ontario. Proc. Entomol. Soc. Ontario. 107 : 71-78.

Stewart, R. K., 1983. Cultural control of Cereal Aphids in Québec. Proc. of Ann. Meet. Can. Pest Man. Soc. pp. 48-59.

Stinner, B. R., H. R. Krueger et D. A. McCartney, 1986. Insecticide and tillage effects on pest and nonpest arthropods in corn agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment, 15 : 11-21.

Story, R. N., F. J. Sundstrom et E. G. Riley, 1983. Influence of sweet corn cultivars, planting date and insecticide on Corn Earworm damage. J. Georgia Entomol. Soc., 18(3) : 350-353.

Tabashnik, B. E. et R. F. L. Man, 1986. Suppression of Diamond Back Moth oviposition by overhead irrigation. J. Econ. Entomol., 79 : 189-191.

Talekar, N. S., S. T. Lee et S. W. Huang, 1985. Intercropping and modification of irrigation method for the control of Diamond Back Moth. Manuscript of Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC), Taiwan.

Thompson, D. et S. Thompson, 1984. Farming without Chemicals. Washington : Office of Public Awareness. EPA Prot. Agency Journal, 10(5) : 33-34.

Umeozor, O. C., J. W. Van Duyn, J. R. Bradley Jr. et G. G. Kennedy, 1985. Comparison of the effect of minimum tillage treatments of the overwintering emergence of the European Corn Borer (Lepidoptera : Pyralidae) in corn fields. J. Econ. Entomol., 78 : 937-939.

USDA, 1975. Control of insect on deciduous fruit and nut trees in the home orchards without insecticides. Res. Service Home and Garden Bull. No 211.

van Lenteren, J. C. et J. Woets, 1988. Biological and integrated pest control in greenhouses. Annu. Rev. Entomol. 33 : 239-269.

Vincent, C. et P. Lachance, 1987. Le guide des ravageurs du fraisier au Québec. L'Horticulteur, Montréal, Canada.

Widstrom, N. W., 1969. Corn Earworm injury to maize as affected by plant density. Agronomy Journal, 61 : 464-465.

Woets, J. et J. C. van Lenteren, 1976. The parasite-host relationship between Encarsia formosa (Hymenoptera : Aphelinidae) and Trialeurodes vaporariorum (Homoptera : Aleyrodidae). Bull. SROP 4 : 151-164.

Woods, A., 1974. Pest Control : A survvey. McGraw-Hill, London, Grande-Bretagne.

SECTION II : RÉSISTANCE DES VÉGÉTAUX

Les pertes occasionnées aux grandes cultures et aux cultures maraîchères par les insectes sont évaluées à huit milliards de dollars par an aux Etats-Unis ; ce chiffre ne comprend pas le coût d'application des insecticides (Pimentel, 1981). Ces pertes pourraient être réduites (Schalk et Ratcliffe, 1977), voire même éliminées, par l'obtention et l'utilisation de variétés résistantes aux insectes. D'ailleurs, la résistance variétale des plantes à leurs maladies et à leurs ennemis serait, d'après Messiaen (1985), la méthode de lutte la moins coûteuse et la moins polluante.

2.1 Résistance et ses composantes

Nous pouvons définir la résistance des plantes comme la capacité de supporter de fortes densités de ravageurs, sans subir de dommages significatifs dans les parties de valeur commerciale. Cependant, ces potentiels génétiques peuvent ne pas s'exprimer ou se modifier selon les conditions environnementales (Painter, 1951).

Cette capacité de résister aux insectes nuisibles s'explique par trois composantes principales : la préférence, l'antibiose et la tolérance.

2.1.1 Préférence

La préférence réfère à un ensemble de caractéristiques de l'hôte qui provoque chez le ravageur une réponse soit positive, une acceptation de la plante, soit négative, un refus. Ces caractéristiques morphologiques et biochimiques servent de signaux aux ravageurs. De cette façon, ils influencent le choix d'utiliser telle espèce-hôte, telle variété ou telle lignée pour la ponte, l'alimentation, l'abri ou toute combinaison des trois (NCR Subcommittee, 1971). Ainsi, les insectes refuseront de se nourrir d'une plante non préférentielle. Cette capacité spécifique de reconnaître une plante-hôte est attribuable aux organes sensoriels de l'insecte. Par exemple, le sphinx du tabac, Manduca sexta, refuse de manger des plantes non préférentielles mais leurs chenilles, ayant subi l'ablation des palpes maxillaires, mangeront ces plantes sans en souffrir.

2.1.2 Antibiose

L'antibiose réfère aux effets adverses subis par les ravageurs lorsqu'ils vivent sur un hôte résistant. Ces effets sont particulièrement la mort au premier stade larvaire, la diminution de la reproduction des femelles, la diminution de la taille ou du poids, l'augmentation anormale de la durée du stade larvaire ; une baisse des réserves alimentaires provoquant une diminution de la capacité de survie pendant l'hibernation ; la mort prématurée avant l'imago ou pendant la métamorphose ; la modification du comportement et de la physiologie qui peut se traduire par des régurgitations, l'hyper-sécrétion de certaines glandes, des battements irréguliers du coeur, l'hyper-sensibilité aux stimuli, etc.

Ces effets nocifs de la plante-hôte sur les insectes peuvent être interprétés par des causes physiologiques ou biochimiques : la présence de toxines chez la plante résistante telles que la nicotine, la pyréthrine, la roténone, les phénols, les glycoalcaloïdes, etc. ; la présence de substances prévenant la croissance apparentées à l'hormone juvénile, la reproduction ou les deux ; la carence de certaines substances comme les vitamines, les acides aminés essentiels (Auclair, 1986, 1976), le rapport entre les hydrates de carbone et les protéines ; une prolifération des tissus ou des sécrétions chez les plantes résistantes causant la mort des oeufs ou des jeunes larves.

2.1.3 Tolérance

La tolérance est la capacité d'une plante à se développer et à se reproduire, malgré la présence d'insectes ravageurs. Le chêne rouge, Quercus rubra, et le mélèze, Larix laricina, par exemple, vont produire un nouveau feuillage après une défoliation sévère au cours de la première partie de la saison de croissance. Ce phénomène de récupération, sans être généralisé, existe néanmoins chez les végétaux cultivés. Cette récupération du feuillage se ferait au détriment d'autres parties de la plante, par une allocation différenciée des ressources.

De plus, certains végétaux seraient stimulés par divers niveaux de défoliation régénérant plus que les pertes. Ce phénomène de sur-récupération (overcompensation) indiquerait un mutualisme entre la plante et les herbivores (Dyer et Bokhari, 1976 ; McNaughton, 1979, 1984, 1985 ; Wallace et al., 1985). Ces relations bénéfiques de l'herbivorisme sont le sujet de débats scientifiques (Belsky, 1986, 1987 ; Owen, 1980 ; Owen et Wiegert, 1976).

2.2 Méthodologie

Les informations contenues dans cette partie de l'étude proviennent d'une recherche bibliographique exhaustive effectuée à partir des banques de données internationales CAB et Agricola. Les mots-clés utilisés incluaient les noms latins des principaux insectes ravageurs considérés les plus nuisibles dans les agro-écosystèmes québécois.

La recherche bibliographique révèle l'absence de travaux effectués sur la résistance, dans les cultures et ravageurs suivants :

Charançon de la carotte dans la carotte, punaise terne dans le céleri, mouche du chou et piéride du chou dans les crucifères, punaise terne et tarsonème du fraisier dans la fraise, punaise terne dans les haricots, punaise terne dans les piments, punaise terne et puceron de la spirée dans le pommier ; et les ravageurs de serres suivants : thrips des petits fruits, aleurode des serres, puceron du melon et punaise terne.

2.3 Résultats

2.3.1 Doryphore de la pomme de terre *Leptinotarsa decemlineata* (Say) sur la pomme de terre

Selon Radcliffe (1982), les pertes dans la production et la qualité se situent entre 10 et 12% de la production totale aux Etats-Unis. D'après le même auteur, les pertes augmentent à 50% en l'absence de mesures de contrôle.

Le contrôle du doryphore de la pomme de terre est devenu de plus en plus difficile en raison de la résistance qu'il a développée à de nombreux insecticides (Forgash, 1985). Les recherches en génétique visant à améliorer la résistance de la plante à la défoliation constituent une alternative de plus en plus intéressante.

Carter (1987) a déterminé le degré de résistance de différentes souches de pomme de terre. Les espèces résistantes au doryphore de la pomme de terre, ayant subi une défoliation inférieure à 20% à la fin de leur croissance, sont *Solanum chacoense*, *S. tarijenje* et *S. pinnatisectum* avec des pourcentages respectifs de 14, 3 et 19%.

Les lignées montrant une résistance élevée sont *S. berthaultii* p1473333, *S. chacoense* p1209412, *S. pinnatisectum* piwrf343 et *S. tarijense* p1473227. Cette dernière montre à la fois la plus forte résistance et la plus faible variabilité. Ces espèces à haute résistance doivent recevoir la plus grande attention lors de l'élaboration des programmes de sélection de variétés.

Les espèces sauvages de pomme de terre ont de remarquables propriétés insecticides attribuables à la présence de stéroïdes alcaloïdes glycocydes (glycoalcaloïdes). Schreiber (1957) a observé une corrélation positive entre le contenu total de glycoalcaloïdes des espèces sauvages et la résistance au doryphore. En effet, la résistance de certaines espèces a été associée à plusieurs glycoalcaloïdes présents dans le feuillage (Schreiber, 1957 ; Sinden *et al.*, 1980 ; Cantalo *et al.*, 1987).

Sinden *et al.* (1980) dénombrent les glycoalcaloïdes considérés toxiques ou répulsifs à très faibles concentrations. Ce sont l'alpha tomatine, la démissine, la commersonine et les leptines. Les leptines ont été retrouvées particulièrement chez *S. chacoense* (Sinden *et al.*, 1986, 1980 ; Stürckow et Löw, 1961), la tomatine chez *S. pinnatisectum* et *S. polyadenium*, la démissine dans le feuillage de *S. acaule*, *S. chacoense* et *S. demissum* et, finalement, la commersonine chez *S. commersonii* et *S. chacoense* (Gregory *et al.*, 1981).

Plusieurs espèces de pomme de terre sauvages peuvent avoir différents types et combinaisons de glycoalcaloïdes ; par exemple, chez *S. chacoense*, on retrouve la solanine, la chaconine, la démissine, la commersonine et les leptines (McCollum et Sinden, 1978 ; Sinden *et al.*, 1980 ; Osman *et al.*, 1976).

D'après Cronk *et al.* (1974) et Sinden et Webb (1974), le contenu de glycoalcaloïdes de pomme de terre peut varier en quantité et qualité dans une même variété selon la photopériode, l'intensité de la lumière, l'humidité

du sol et le stade de développement de la plante. Melville et al. (1985) observent une forte mortalité chez les larves nourries avec S. demissum (94,8%) et S. chacoense (91,9%) ; ce taux chute à 14% quand elles s'alimentent sur S. tuberosum. Dans les deux premiers cas, la durée du développement larvaire augmente considérablement et le poids des adultes diminue. Le nombre d'oeufs pondus diminue significativement ; d'une moyenne de 696 oeufs pondus par femelle développée sur S. tuberosum, il passe à 13 oeufs sur S. chacoense. Les lignées provenant de S. chacoense se sont montrées résistantes au doryphore, particulièrement à cause de la présence de leptines (forme acétylée des glycoalcaloïdes). Dans le cas de S. chacoense, les leptines sont formées par l'acétylisation de la solanine et de la chaconine (Deahl et Sinden, 1987).

Sinden et al. (1986) ont mesuré la résistance du doryphore de la pomme de terre sur S. chacoense, en utilisant des lignées produisant de fortes et faibles concentrations de leptines. Le total des adultes sur les plants contenant de fortes concentrations était de 1,5 par plant, alors qu'il s'élève à 37,5 sur des plants à concentrations faibles. Le taux moyen de défoliation diminue à mesure que la concentration en leptines augmente. La durée du développement larvaire était aussi grandement affectée.

En 1987, Cantelo et al. obtenaient des résultats semblables sur la lignée 320287-1 de S. chacoense. Tingey et Sinden (1982) et Casagrande (1982) ont étudié S. berthaultii (Hawkes), une espèce sauvage originaire de la Bolivie. Celle-ci s'est révélée très résistante à de nombreux arthropodes (aphides, acariens, coléoptères, etc.). Même si S. berthaultii ne contient pas de fortes concentrations de glycoalcaloïdes, elle possède une importante densité de trichomes glandulaires.

Wright et al. (1985) décrivent l'impact négatif de S. berthaultii sur la dynamique des populations du doryphore de la pomme de terre, en notant que la ponte y est trois fois plus faible que celle produite sur S. tuberosum. Seulement 2% des larves nourries sur S. berthaultii atteignent l'état adulte contre 41% sur S. tuberosum.

Selon Casagrande (1982), la ponte des femelles, la survie larvaire et le temps de développement du doryphore de la pomme de terre sont fortement affectés en présence de S. berthaultii. Les mêmes effets, à des degrés moindres toutefois, ont été décrits pour des hybrides provenant de croisements avec S. tuberosum.

Wright et al. (1985) affirment que trois ou quatre applications de oxamyl-endosulfan sur des hybrides S. tuberosum X S. berthaultii (E1355, E1357, F662, F724) sont suffisantes pour maintenir des densités de doryphore de la pomme de terre acceptables. Cela correspond à une réduction de 20 à 40% des insecticides.

La toxicité des glycoalcaloïdes présents chez les espèces sauvages de pomme de terre s'avère être le principal facteur de résistance à considérer dans un programme de contrôle du doryphore de la pomme de terre.

Comme nous l'avons déjà mentionné, plusieurs auteurs ont décrit les effets négatifs des leptines ; on sait que ces substances sont formées par l'acétylisation de la solanine et de la chaconine glycoalcaloïdes se trouvant aussi sur S. tuberosum (Deahl et Sinden, 1987). Le transfert du gène responsable de l'acétylisation sur S. tuberosum pourrait s'avérer intéressant.

Cependant, la création d'hybrides à fortes concentrations en glycoalcaloïdes présente aussi des inconvénients. En effet, il arrive que les niveaux de glycoalcaloïdes du feuillage soient positivement corrélés à ceux des tubercules (Sanford et al., 1984), ce qui entraîne une diminution de la qualité de ces derniers, exposant alors le consommateur à des troubles gastro-intestinaux (Willimet, 1933).

Le deuxième facteur à considérer est la présence de trichomes glandulaires sur le feuillage. Ce facteur de résistance aurait l'avantage de diminuer les risques des fortes concentrations de glycoalcaloïdes.

Conclusion

Le doryphore est affecté par la composition chimique et la pilosité du feuillage, mais ces connaissances n'ont pas encore permis le développement de variétés de pomme de terre à la fois résistantes et commercialisables. Des recherches en cours visent toutefois cet objectif (Pelletier et King, 1987). Les espèces à haute résistance doivent recevoir la plus grande attention lors de l'élaboration des programmes de sélection de variétés.

Tableau 19 : DORYPHORE DE LA POMME DE TERRE, Leptinotarsa decemlineata (Say)
Résistance des végétaux

Mécanisme de résistance	Principe d'action	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Chimique Glycoalcaloïdes présents dans le feuillage : alpha tomatine, démissine, commersonine et les leptines	mortalité des larves ; augmentation de la durée larvaire ; diminution du nombre d'oeufs pondus	le contenu de glycoalcaloïde de la pomme de terre peut varier en qualité et en quantité dans une même variété selon la photopériode, l'intensité de lumière, l'humidité du sol et le stade de développement de la plante il arrive que le niveau de glycoalcaloïdes du feuillage soit proportionnel à celui des tubercules et entraîne des troubles gastro-intestinaux aux consommateurs	les lignées montrant une résistance élevée sont : S. berthaultii S. chacoense S. pinnatisectum S. tarijense	ces espèces à haute résistance doivent recevoir la plus grande attention lors de l'élaboration de programmmes de sélection	Radcliffe, 82 ; Forgash, 85 ; Carter, 87 ; Schreiber, 57 ; Schreiber et al., 57 ; Sinden et al., 80 ; William et al., 87 ; Sinden et al., 80, 86 ; Sturckow et Low, 61 ; Gregory et al., 80 ; Mcollum et Sinden, 79 ; Osman et al., 76 ; Crouk et al., 74 ; Sinden et Webb, 74 ; Melvill et al., 85 ; Stephen et al., 86 ; Tingey et Sinder, 82 ; Casagrande, 82 ; Wright et al., 85 ; Deahl et Sinden, 87 ; Sanford et al., 84 ; Willimet, 33
II. Physique Trichomes glandulaires	diminution du poids des adultes	la présence de trichomes glandulaires sur le feuillage aurait l'avantage de diminuer les risques que les fortes concentrations glycoalcaloïdes entraînent			
III. Génétique Plantes hybrides avec Bacillus thuringiensis	introduction dans les plantes d'Agrobacterium, qui vont sécréter des toxines de B.t.	pas de produits à appliquer car ils sont produits par la plante	lignées disponibles pour la recherche	état expérimental avancé	

2.3.2 Pucerons
aphidae spp. sur la pomme de terre

Les variétés cultivées de Solanum tuberosum sont généralement susceptibles aux infestations d'aphides. Cependant, de nombreuses espèces sauvages de pomme de terre s'avèrent résistantes aux pucerons (Gibson, 1971 ; Radcliffe et Lauer, 1970 ; Tingey et Sinden, 1982). Radcliffe et al.(1981) ont trouvé plusieurs espèces de Solanum résistantes lors d'expériences menées sur le terrain. Différentes lignées de S. bulbocastanum ont montré une très grande résistance au puceron vert du pêcher Myzus persicae (Sulz) et au puceron de la pomme de terre Macrosiphum euphorbiae (Thos.).

Toutefois, de hauts niveaux de résistance à M. persicae sont décrits pour S. brachistotrichum (Bitt), S. cardiophyllum (Lindl), S. stenophyllidium (Bitt) et S. trifidium (Corr). Pour M. euphorbiae, les espèces particulièrement résistantes sont S. hjertingii (Hawkes), S. polytrichon (Rydb) et S. stoloniferm (Schlechtd et Bche).

Des études ont démontré que la résistance contre les pucerons est surtout due à la présence de trichomes glandulaires sur le feuillage (Gibson, 1971 ; Dirk et al., 1987 ; Tingey et Sinden, 1982 ; Tingey et Laudengayer, 1981 ; Sinden et Tingey, 1986).

Deux types de trichomes glandulaires sont présents sur la plupart des lignées de S. berthaultii : le type court, composé de quatre lobes glandulaires apicaux (type A) et le type long multicellulaire muni d'un seul gland (type B) (Sanford et al., 1984). Les lignées contenant les deux types de trichomes offrent contre M. persicae une résistance supérieure à celles qui possèdent des trichomes de type A seulement. (Tingey et Sinden, 1982).

Par exemple, les jeunes stades de M. persicae, développé sur S. berthaultii, ont tendance à s'enrober le corps avec l'exsudat des trichomes, provoquant un fort taux de mortalité (Tingey et Laudengayer, 1981).

Gibson (1979) démontre l'existence d'un gène responsable de la présence de trichomes glandulaires du type B chez S. berthaultii. L'absence totale de trichomes type B sur les hybrides S. tuberosum X S. berthaultii nous indique que le gène responsable est récessif, étant alors masqué par un gène dominant. Les trichomes du type B apparaissent seulement à la génération F2. Par contre, Tingey et Sinden (1982) ont obtenu des hybrides de S. tuberosum X S. berthaultii portant les deux types de trichomes glandulaires à la troisième génération. En effet, l'hybride B227-63, étudié sous serre, présente les mêmes effets négatifs que la lignée P1310927-11 de S. berthaultii (mortalité totale d'aphides après 21 jours) contre une moyenne de 761 pucerons par plant pour S. tuberosum variété "Hudson".

Des expériences d'infestations d'une durée de 72 heures ont résulté en une mortalité de 94% des nymphes sur l'hybride B227-63 contre 11% sur les variétés Hudson et Katahdin de S. tuberosum. Cependant, l'expression de la résistance sur le terrain n'a pas été aussi concluante ; néanmoins, la réduction de la population d'aphides, tout au long de la saison de croissance, se situait entre 40 et 60%. La forte intensité lumineuse sous serre aurait pu faire augmenter le taux d'exsudation des trichomes glandulaires.

Dirk et al.(1987) ont déterminé, par chromatographie gazeuse et spectrométrie de masse, les substances d'exsudat de trichomes glandulaires chez S. berthaultii et S. tuberosum. Chez le type A, des sesquiterpènes étaient les principaux composés volatils de l'exsudat, tandis qu'ils n'étaient que faiblement représentés dans le type B.

Le ß-caryophyllène et le E-ß-farnesène constituaient les deux principaux composés de l'exsudat des trichomes de type A, qui se sont révélés répulsifs pour Myzus persicae (Sulzes). La réponse des pucerons au E-ß-farnesène était caractérisée par des mouvements rapides d'éloignement (Bowers et al., 1977).

Selon Tingey et Laudengayer (1981), les trichomes sécrètent des substances adhésives qui retiennent les ravageurs ; l'insecte accélère alors la fréquence de ses mouvements, ce qui entraîne la rupture d'autres trichomes glandulaires. A la fin, les pucerons sont complètement immobilisés et meurent (Tingey et Gibson, 1978).

Au cours des années 1980 et 1981, Mndolwa et al. (1984) ont évalué la résistance de variétés et hybrides de pomme de terre. Ils ont trouvé une faible corrélation positive entre le contenu en glycoalcaloïdes foliaires et les niveaux d'infestations d'aphides.

Pour l'année 1980, les cultivars p1245940 et sélections Fred. al. expriment la plus grande résistance ; alors que A69657-4 s'est montré résistant lors des deux années. Par contre, les cultivars Kennebec, Nooksack et A68588-16 ont subi de fortes infestations en 1980 et 1981.

Conclusion

La principale source de résistance contre les pucerons est due à la présence de trichomes glandulaires sur le feuillage. Les recherches en cours n'ont pas encore permis le développement de variétés de pomme de terre résistantes et commercialisables.

Les espèces à haute résistance doivent être utilisées lors de l'élaboration des programmes de sélection de variétés.

Tableau 20 : PUCERONS, Myzus persicae (Sulz.), Macrosiphum euphorbiae (Thos.), sur la pomme de terre : Résistance des végétaux

Mécanisme de résistance	Principe d'action	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Chimique Composés volatils de l'exsudat des trichomes : Sesquiterpènes : ß-caryophyllène E-ß-farnesène Glycoalcaloïdes foliaires II. Physique Les trichomes glandulaires sur le feuillage	les trichomes sécrètent une substance adhésive, immobilisent l'insecte ; celui-ci augmente ses mouvements et entraîne la rupture de nouveaux trichomes. L'insecte, complètement immobilisé, meurt d'inanition	les résultats en champs sont moins forts que ceux obtenus en serres ; il est probable que la forte intensité lumineuse présente sous serre puisse faire augmenter le taux d'exsudation des trichomes	sont résistants à M. persicae : S.brachistotrichum S.cardiophyllum S.stenophyllidium S.trifidium S.bulbocastanum S.berthaultii X S.tuberosum sont résistants à M. euphorbiae : S.hjertingii S.polytrichon S. stoloniferm S.bulbocastanum	ces espèces à haute résistance doivent recevoir la plus grande attention lors de l'élaboration de programmes de sélection	Gibson, 71 ; Radcliffe et al., 81 ; Radcliffe et Laver, 70 ; Tingey et Sinden, 82 ; Dirk et al., 87 ; Tingey et Laubengayer, 81 ; Stephen et Tingey, 86 ; Sanford et al., 84 ; Bowers et al., 77 ; Tingey et Gibson, 78 ; Mndolwa et al., 84

2.3.3 Pyrale du maïs Ostrinia nubilalis (Hubner) sur le maïs

Au Québec, la pyrale du maïs est considérée comme le principal ravageur du maïs.

L'efficacité des facteurs de résistance du maïs est étroitement liée à leur croissance. En effet, des substances à la fois toxiques et dissuadantes, pour les larves de la pyrale du maïs, ont été trouvées dans la plupart des jeunes plantes (Anglade, 1985 ; Guthrie et Barry, 1983 ; Guthrie et al., 1986).

La principale substance responsable de la résistance est la 2,4-dihydroxy-7-méthoxy-1,4-benzoxazin-3-one, communément appelée DIMBOA. (Guthrie et al., 1985 ; Tseng et al., 1984 ; Robinson et al., 1982).

La résistance s'exprime différemment suivant le développement de la plante. En général, les plus fortes concentrations se retrouvent au stade de plantule (Guthrie et Barry, 1983) : les plants ayant 15 cm de hauteur contiennent plus de 6-méthoxy-benzoxazolinone (MBOA) que les plants atteignant 83 cm (Guthrie et al., 1986). Robinson et al. (1982) ont nourri des larves de pyrale avec différentes concentrations en DIMBOA. A des concentrations supérieures à 3,16 umol de DIMBOA par gramme de poids sec de la diète, les larves préféraient se nourrir sur les plants témoins ; à 6,32 umol de DIMBOA, le temps de pupaison augmente significativement, le poids des pupes femelles diminuait et la mortalité augmentait. Sur les plantes aspergées avec DIMBOA, la mobilité larvaire et les migrations vers d'autres plantes s'accentuaient.

La résistance du maïs est due à la présence de DIMBOA ; cependant, elle ne pourrait pas lui être totalement attribuée, puisque certaines lignées résistantes présentent de très faibles concentrations en DIMBOA (Russell et al., 1975 ; Chiang et Hudon, 1973 ; Sullivan et al., 1974).

En outre, des travaux effectués en serre par Guthrie et al. (1986) montrent que des lignées très résistantes, telles C131A, B75 et B85, deviennent susceptibles en serres, même si leurs concentrations en DIMBOA sont égales à celles retrouvées dans les plants cultivés aux champs.

Des études menées par Rojanaridpiched et al. (1984) révèlent de fortes corrélations entre les contenus de silice et de lignine de la plante et la résistance à la défoliation. Il semble donc que les mécanismes de résistance du maïs ne sont pas produits par un seul facteur mais, plutôt, par la sommation voire la synergie des différentes concentrations en DIMBOA, silice et lignine.

Si la présence du DIMBOA s'avère toxique pour la pyrale du maïs et d'autres ravageurs, incluant les pucerons (Long et al., 1977), elle ne modifie pas les préférences des femelles au moment de la ponte (Hudon et al., 1980).

Toutefois, la résistance peut être attribuable à certains caractères morphologiques. En effet, Durbey et Sarup (1982) ont étudié la densité idéale de trichomes foliaires du maïs en relation avec la ponte du perce-tige tacheté, Chilo partellus (Swinhoe). La présence de longues soies foliaires dans les lignées résistantes (Antiqua, GRI) et susceptibles (Vijay composite et Basi local) gêne la ponte et provoque une diminution du nombre d'oeufs. La densité idéale de trichomes foliaires se situe entre une et sept soies par mm^2.

Entre 1970 et 1976, 718 lignées de maïs ont été évaluées pour leur résistance à la défoliation par l'unique génération de la pyrale du maïs au Québec (Hudon et al., 1979). Onze lignées ont mieux résisté à la défoliation au Québec. Les dommages aux plantes ont été évalués peu de temps avant les récoltes.

Conclusion

La principale substance identifiée comme responsable de la résistance à la pyrale du maïs est la 2,4-dihydroxy-7-méthoxy-1,4-benzoxazin-3-one (DIMBOA).

Des cultivars résistants ont été développés pour le marché du maïs-grain car le coût des arrosages est très élevé vu les grandes superficies de cette culture. Plusieurs hybrides sont présentement commercialisés et ces derniers sont suffisamment efficaces pour rendre non rentable l'utilisation d'insecticides. Dans le cas du maïs sucré, des cultivars résistants n'ont pas encore été développés.

Tableau 21 :PYRALE DU MAÏS, Ostrinia nubilalis (Hbn.) sur le maïs
Résistance des végétaux

Mécanisme de résistance	Principe d'action	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Chimique 2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one (DIMBOA) silice lignine	présence de substances toxiques et dissuadantes pour les jeunes larves le poids des pupes femelles diminue et le pourcentage de mortalité augmente les trichomes gênent la ponte et provoquent une diminution dans le nombre d'oeufs	certaines lignées résistantes ne contiennent que de faibles pourcentages de DIMBOA. Il semblerait que les mécanismes de résistance sont produits par la synergie de différentes concentrations de DIMBOA, de silice et de lignine le DIMBOA est présent dans les jeunes plantules surtout la présence de DIMBOA ne modifie pas la présence des femelles au moment de la ponte à concentration égale de DIMBOA, certaines lignées résistantes en champs deviennent susceptibles en serres le DIMBOA s'avère toxique pour d'autres ravageurs, y compris les pucerons	plusieurs cultivars de maïs-grain résistants à la pyrale sont présentement commercialisés au Québec	la création de variétés résistantes à la pyrale s'avère économiquement rentable	Anglade, 85 ; Guthrie et Barry, 83 ; Guthrie, Guthrie et al., 85 ; Tseng et al., 84 ; Robinson et al., 82. Guthrie et al., 86 ; Russel et al., 75 ; Ching et Hudson, 73 ; Sullivan et al., 74 ; Rojanaridpiched et al., 84 ;Long et al., 77 ; Hudon et al., 80 ; Durbey et Sarup, 82 ; Hudon et al., 79
II. Physique Trichomes foliaires					

2.3.4 Pucerons aphidae spp. sur le maïs

Le puceron du maïs, Rhopalosiphum maidis (Fitch), occasionne des pertes importantes dans les productions de maïs. Il interfère dans le développement de l'aigrette du maïs et dans le dépôt du pollen ; il se nourrit du feuillage, des soies et des grains ; et, indirectement, il favorise la prolifération des champignons et prépare les infestations de la noctuelle de la tomate, du ver de l'épi du maïs, Heliothus zea (Boddie) (Mc Colloch, 1921).

Long et al. (1977) ont étudié les effets de l'acide hydroxamique et du 2,4-dihydroxy-7-méthoxyl,4-benzoxazin-3-one (DIMBOA) comme agents de résistance aux pucerons du maïs. Des diètes contenant des concentrations de DIMBOA comparables à celles qu'on retrouve dans les tissus du maïs haussaient le taux de mortalité.

Beck et al. (1983) n'ont pu établir de corrélation entre les concentrations de phénol et d'orthodihydroxyphénol du maïs et la résistance au puceron du maïs. Toutefois, ils ont mis en évidence le rôle possible des hydroxamates dans la résistance aux pucerons. En effet, la lignée A619, qui contient 59 mg par kg de poids frais d'hydroxamate, résiste mieux que la lignée BXBX avec ses 15 mg pour un même poids frais.

Pourtant, d'autres lignées, qui présentent des concentrations d'hydroxamate variant de faibles à moyennes, résistent aux pucerons (Beck et al., 1983).

Conclusion

La résistance peut être attribuable à certains caractères morphologiques. Les résultats des recherches tendent à montrer que l'acide hydroxomique et d'autres facteurs chimiques ou morphologiques seraient responsables de la résistance au puceron du maïs.

2.3.5 Tétranyque rouge du pommier *Panonychus ulmi* (Koch) sur le pommier

Goonewardene et al. (1976) et Paiva et Janick (1980) ont déterminé l'importance de la pubescence foliaire du pommier sur la dynamique du tétranyque rouge du pommier.

Les espèces pubescentes étaient plus susceptibles aux infestations du tétranyque rouge du pommier. Cependant, lors des tests sur différentes espèces de pommier, Paiva et Janick (1980) n'ont pas pu démontrer que la pubescence foliaire était un facteur de résistance. Goonewardene et al. (1980) arrivèrent aux mêmes conclusions, après avoir effectué des travaux sur neuf pommiers sélectionnés.

Des travaux sur l'influence du tétranyque rouge dans le développement et la floraison du pommier ont été effectués par Beers et Hull (1987) chez les cultivars "Golden delicious", "Standard delicious", "Spur delicious" et "Stayman". Des infestations de tétranyque rouge du pommier n'ont affecté ni le feuillage ni la croissance des nouvelles pousses. Les quatre cultivars ont produit un nombre normal de fleurs ; lors des trois années d'expérimentation, le poids sec du feuillage de "Golden delicious" a augmenté lors des infestations.

Les travaux menés sur le terrain et en laboratoire par Bielak et Dabrowski (1984) ont permis de classifier les cultivars "Red Delicious", "Starking", "Macintosh", "Fantazja", "Close" et "Vista belle" comme susceptibles à *P. ulmi* ; les cultivars "Spartan" et "Bankroft" comme modérément susceptibles et "Jonathan" et un nouvel hybride provenant du croisement entre "Kurska" et "Linda" réalisé par A. Rejman (Université agricole de Varsovie) comme modérément résistants.

Le feuillage des cultivars susceptibles possédait moins de trichomes que la variété "Jonathan" ; cependant, la sélection "Kurska" X "Linda" avait quelques trichomes seulement par mm^2.

Le feuillage des cultivars susceptibles a été caractérisé par une mince couche d'épiderme et de nombreux stomates. De nombreux trichomes foliaires, peu de stomates et un arrangement irrégulier des cellules du mésophile pourraient être la cause de la résistance du cultivar "Jonathan". En outre, la résistance de Kurska X Linda pourrait être due à l'épaisseur des parois épidermiques, supérieure de 30%.

Une corrélation négative entre la fécondité du tétranyque rouge du pommier et la composition chimique du feuillage en phénols et minéraux a été trouvée. Cependant, une corrélation positive a été établie entre la fécondité et les concentrations d'acides aminés (valine, isoleucine, tyrosine, phénylalanine, alanine, ß-alanine et l'acide cystéique).

La fécondité de P. ulmi n'a été affectée ni par la concentration du phosphore, ni par l'azote foliaire (Bielak et Dabrowski, 1984).

Conclusion

La résistance des pommiers résulte d'un nombre considérable des facteurs morphologiques, anatomiques et chimiques du feuillage, pouvant s'exprimer différemment selon les cultivars. Actuellement, les cultivars "Red Delicious", "Starking", "Macintosh", "Fantazja", "Close" et "Vista belle" sont classés comme étant susceptibles au tétranyque ; les cultivars "Spartan" et "Bankroft" comme modérément susceptibles et "Jonathan" et l'hybride provenant du croisement entre "Kurska" et "Linda", réalisé par A. Rejman (Université agricole de Varsovie), comme modérément résistants.

Tableau 22 : TÉTRANYQUE ROUGE DU POMMIER, Panonychus ulmi (Koch) sur le pommier
Résistance des végétaux

Mécanisme de résistance	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Chimique Composition chimique du feuillage en phénols et en minéraux	chez les cultivars résistants, des infestations de tétranyque rouge n'ont affecté ni le le feuillage ni la croissance des nouvelles pousses	la résistance des pommiers est le fruit d'un nombre considérable de facteurs morphologiques, anatomiques et chimiques du feuillage pouvant s'exprimer différemment selon les cultivars	plusieurs cultivars sont présentement à l'essai dans le but d'évaluer leur résistance	Goonewardene et al., 76, 80 ; Paiva et Janik, 80 ; Beers et Hull, 87 ; Bielak et Dabrowski, 84
II. Physique Epaisseur des parois épidermiques et de nombreux stomates				

2.3.6 Pyrale du maïs
Ostrinia nubilalis (Hübner) sur le haricot

La pyrale du maïs attaque le haricot commun, Phaseolus vulgaris (L), dans l'est de l'Amérique du Nord (Eckenrode et al., 1983). A cause de la faible protection fournie par les insecticides, Webb et al. (1987) ont cherché des sources possibles de résistance. Des expériences menées en serre indiquaient des différences significatives dans la survie larvaire selon les variétés.

La survie sur le cultivar "BBL-94" était inférieure à 10% ; par contre, sur le cultivar "Kentucky Wonder", elle était de 36,1%. Dans les nouveaux cultivars, la lignée XPB-155 présentait une survie larvaire de 0,8% ; et, sur le cultivar "Volare", aucune larve n'a pu survivre. P. vulgaris semble posséder un bon potentiel de résistance contre la pyrale du maïs ; il s'agit de l'exploiter et, à l'occasion, de le transférer dans les variétés désirées.

Conclusion

La création de variétés résistantes ou tolérantes à la pyrale fait l'objet d'efforts concertés dans divers pays (Hudon, 1986). Un des facteurs chimiques de résistance connus est le DIMBOA ; l'élévation de sa concentration dans les tissus a permis de développer plusieurs hybrides qui, sans être immunisés contre la pyrale, lui sont défavorables. Un grand nombre d'hybrides sélectionnés pour la résistance à la pyrale sont à l'essai.

2.3.7 Mouche de l'oignon
Delia antiqua (Meigen) sur l'oignon

La mouche de l'oignon est le plus important ravageur des cultures d'oignon. A défaut d'applications insecticides dans le sol au printemps, les pertes peuvent atteindre jusqu'à 70% aux Etats-Unis et au Canada (Madder et McEwen, 1981).

Cependant, avec l'application soutenue d'insecticides, la mouche de l'oignon est en voie de devenir résistante à la plupart d'entre eux (Harris et Svec, 1976).

Ikeshoji et al.(1982) ont cherché à déterminer la relation entre le taux d'infestation de la mouche de l'oignon, les concentrations des composés propylthio (précurseurs de substances attractives) et l'activité de l'alliinase, enzyme responsable de la métabolisation de S-propénylcystéine-sulfoxide en substance attractive. Leur travail a démontré que le contenu en S-propénylcystéine-sulfoxide dans les tissus était inversement proportionnel aux attaques de la mouche de l'oignon. En outre, une forte corrélation entre l'activité de l'alliinase dans les différents cultivars et les infestations de la mouche de l'oignon a été établie. En effet, de fortes quantités de composés propylthio (substance attractive) sont libérées par l'activité de l'alliinase.

L'ensemble de plusieurs facteurs peut être la cause de la résistance chez l'oignon. Par exemple, Ellis et al. (1979) suggèrent que l'activité microbienne autour de la plante libère des substances volatiles qui attirent les femelles.

En examinant les conditions de résistance de plusieurs lignées de Allium cepa en serre, Harris et al. (1987) observent que les femelles pondent en moyenne de 1,6 à 34,8 oeufs par plant et que ces valeurs varient en fonction de la taille. Ainsi, des plants ayant un diamètre basal de 1 à 2 mm et une hauteur de 90 à 200 mm ne se sont pas montrés attirants pour la mouche de l'oignon ; par contre, les plants atteignant un diamètre basal de 3 à 4 mm et une hauteur de 200 à 350 mm étaient plus intéressants.

La maturité de la plante a aussi un rôle à jouer dans l'attirance exercée sur l'insecte ; selon Perron (1972), Finch et al. (1986) et Harris et al. (1987), les plants d'oignons deviennent moins attirants à mesure que les bulbes se forment.

Conclusion

Plusieurs facteurs peuvent être la cause de la résistance chez l'oignon. L'incorporation d'un gène qui induirait une faible activité de l'alliinase, l'interaction de microorganismes du sol avec la mouche de l'oignon, la taille de la plante, leur chimie et sa texture sont tous des facteurs à évaluer dans un programme de création de cultivars résistants.

Tableau 23 : MOUCHE DE L'OIGNON, Delia antiqua (Meigen) sur l'oignon
Résistance des végétaux

Mécanisme de résistance	Principe d'action	Avantages et contraintes	Etat d'avancement	Perspective	Références
I. Chimique Faible activité de l'alliinase	les plants deviennent moins attirants à mesure que les bulbes se forment	l'activité microbienne autour des plantes libère des substances volatiles qui attirent les femelles	l'incorporation d'un gène qui induirait une faible activité de l'alliinase, l'interaction de microorganismes du sol avec la mouche de l'oignon, la taille de la plante, leur chimie et sa texture, sont tous des facteurs à évaluer dans un programme de création de cultivars résistants	développements nécessaires	Madder et McEwen, 81 ; Harris et Svec 76 ; Ikeshoji et Matsumoto, 82 ; Ellis et al., 79 ; Harris et al., 87 ; Perron, 72 ; Finch et al., 86 ; Harris et al., 87
II. Physique Taille de la plante					

2.4 Conclusion

La résistance aux ravageurs chez les végétaux est utilisée avec succès dans le maïs ; cependant, peu d'espèces végétales cultivées ont fait l'objet d'études dans ce domaine, particulièrement au Québec.

Pourtant, la résistance des plantes aux insectes ravageurs nous semble très prometteuse comme stratégie alternative aux insecticides. En effet, la résistance est cumulative et persistante ; elle ne présente pas de dangers, n'étant pas toxique ; son utilisation à moyen et long terme est très avantageuse ; à court terme, elle ne l'est pas à cause de la quinzaine d'années requises pour développer une variété résistante. Avec le progrès des biotechnologies, il est possible de réduire des 2/3 cette période par la fusion de protoplasmes, l'introduction de gènes résistants, etc.

Développer des programmes de sélection de variétés résistantes répondant aux conditions écologiques québécoises est une solution à envisager pour réduire les applications d'insecticides.

Il nous semble important de rappeler la grande tolérance de végétaux aux ravageurs, accompagnée parfois de sur-récupération (« over-compensation »), comme étant la partie de la résistance des plantes-hôtes la moins connue mais tout aussi intéressante que la résistance classique. Ces plantes-hôtes permettent de maintenir des populations de ravageurs de faibles à moyennes, niveaux qui favorisent le développement d'ennemis naturels qui, à leur tour, empêcheront l'explosion des populations.

Des programmes de recherches dans ce domaine doivent être encouragés pour développer de nouvelles variétés résistantes à des ravageurs et des maladies, au Québec, ainsi qu'à l'essai de variétés déjà connues.

Finalement, la résistance des plantes doit être partie intégrante de tout programme de lutte aux ravageurs, car elle est relativement stable, non polluante et, surtout, compatible avec la plupart des autres méthodes de contrôle.

2.5 Bibliographie

Anglade, P., 1985. Sélection de lignées pour la résistance et la tolérance à la pyrale. Phytoma. Défense des Cultures, Juillet-Août : 19-21.

Auclair, J. L., 1976. Feeding and nutrition of the pea aphid, Acyrthosiphon pisum (Harris), with special reference to amino acids. Symp. Biol. Hung. 16 : 29-34.

Auclair, J. L., 1986. La nutrition des aphides et en particulier d'Arthosiphon pisum (Harris), en relation avec leurs plantes-hôtes. Rev. Entomol. Québec 31 : 16-22.

Beck, D. L., G. M. Dunn, D. G. Routley et J. S. Bowman, 1983. Biochemical basis of resistance in corn to the corn leaf aphid. Crop Sci. 23 : 995-998.

Beers, E. H. et L. A. Hull, 1987. Effect of European red mite (Acari : Tetranychidae) injury on vegetative growth and flowering of four cultivars of apples. Environ. Entomol. 16 : 569-574.

Belsky, A. J., 1986. Does herbivory benefit plants ? A review of the evidence. Am. Nat. 127 : 870-892.

Belsky, A. J., 1987. The effects of grazing : confounding of ecosystem community and organism scales. Am. Nat. 129 : 777-783.

Bielak, B. et Z. T. Dabrowski, 1985. Techniques and methods used in studies of resistance to Panonychus ulmi in apple varieties. Insect. Sci. Applic. 6 : 473-478.

Boiteau, G., 1988. Control of the Colorado potato beetle L. d., learning from the Soviet experience. Bull. Entomol. Soc. Can. 20 : 9-14.

Bowers, W. S., C. Nishino, M. E. Montgomery et L. R. Nault, 1977. Structure-activity relationships of analogs of the aphid alarm pheromone, (E)-ß-farnesene. J. Insect Physiol. 23 : 697-701.

Cantelo, W. W., L. W. Douglass, L. L. Sanford and K. L. Deahl, 1987. Measuring resistance to the Colorado potato beetle (Coleoptera : Chrysomelidae) in potato. J. Entomol. Sci. 22 : 245-252.

Carter, C. D., 1987. Screening Solanum germplast for resistance to Colorado potato beetle. Am. Potato J. 64 : 563-568.

Casagrande, R. A., 1982. Colorado potato beetle resistance in a wild potato, Solanum berthaultii. J. Econ. Entomol. 75 ; 368-372.

Chiang, M. S. et cooperators, 1973. Comparison of early survival and brood survival. Rep. int. Proj. on Ostrinia nubilalis, Phase I : 29-47.

Cronk, T. C., D. Kuhn et F. J. McArdle, 1974. The influence of stage of maturity, level of nitrogen fertilization and storage on the concentration of solanine tubers of three potato cultivars. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 11 : 163-168.

Deahl, K. L. et S. L. Sinden, 1987. Technique for rapid detection of leptine glycoalkaloides in potato foliage. Am. Potato J. 64 : 285-290.

de Oliveira, D., B. Saucier, P. Martel et J. Belcourt, 1986. Seuil de tolérance et sur-récupération de la pomme de terre « Sebago » aux ravages du doryphore. Phytoprotection 67 : 146.

Dirk, A. A., P. Gregory et W. M. Tingey, 1987. Aphid repellent sesquiterpenes in glandular trichomes of Solanum berthaultii and S. tuberosum. Entomol. Exp. Apl. 44 : 131-138.

Durbey, S. L. et P. Sarup, 1982. Morphological characters-development and density of trichomes on varied maize germ-plasms in relation to preferential oviposition by the stalk borer, Chilo partellus (Swinhoe). J. Entomol. Res. 6 : 187-196.

Dyer, M. I. et V. G. Bokhari, 1976. Plant-animal interactions : studies of the effects of grasshopper grazing on blue grama grass. Ecology 57 : 762-772.

Ellis, P. R., C. J. Eckenrode et G. E. Harman, 1979. Influence of onion cultivars and their microbial colonizers on resistance to onion maggot. J. Econ. Entomol. 72 : 512-515.

Eckenrode, C. J., P. S. Robbins and J. T. Andaloro, 1983. Variations in flight patterns of European corn borer (Lepidoptera : Pyralidae) in New York. Environ. Entomol. 12 : 393-396.

Finch, S., M. E. Cadoux, C. J. Eckenrode et T. D. Spittler, 1986. Appraisal of current strategies for controlling onion maggot (Diptera : Anthomyiidae) in New York state. J. Econ. Entomol. 79 : 736-740.

Forgash, A. J., 1985. Insecticide resistance in the Colorado potato beetle. pp. 33-52, D. N. Ferro et R. H. Voss (Eds.), Proceedings of the Symposium on the Colorado potato beetle, XVII th. International Congress of Entomology, Mass. Agric. Exp. Stn. Bull., 704 p.

Gibson, R. W., 1971. Glandular hairs providing resistance to aphids in certain wild potato species. Ann. Appl. Biol. 68 : 113-119.

Gibson, R. W., 1979. The geographical distribution, inheritance and pest-resisting properties of sticky-tipped foliar hairs on potato species. Potato Res. 22 : 223-236.

Goonewardene, H. F., E. B. Williams, W. F. Kwolek et L. D. McCabe, 1976. Resistance to European red mite Panonychus ulmi (Koch) in apples. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 101 : 532-537.

Goonewardene, H. F., W. F. Kwolek, D. F. Dayton et R. A. Hayden, 1980. Preference of the European red mite for strains of « Delicious » apple with differences in leaf pubescence. J. Econ. Entomol. 73 : 101-103.

Goonewardene, H. F., J. Janick, W. F. Kwolek, C. H. Bailey et L. F. Hough, 1982. Pedigree analysis of apple clones with differences in preference to European red mite Panonychus ulmi (Koch). Hortscience 17 : 63-65.

Gregory, P., S. L. Sinden, S. F. Osman, W. M. Tingey et D. A. Chessin, 1981. Glycoalkaloids of wild tuber-bearing Solanum species. J. Agric. Food Chem. 29 : 1212-1215.

Guthrie, W. D. et B. D. Barry, 1983. Evaluation of a mutable system for inducing resistance to European corn borer (Lepidoptera : Pyralidae) in susceptible inbred lines of dent maize. J. Kans. Entomol. 56 : 552-554.

Guthrie, W. D., B. D. Barry, E. C. Rossman et J. L. Jarvis, 1985. Correlation between leaf-feeding resistance to European corn borer (Lepidoptera : Pyralidae) and resistance et D. G. Routley 1977. Relationship of hydroxamic acid content in corn and resistance to the corn leaf aphid. Crop Sci. 17 : 55-58.

Madder, D. J. et F. L. McEwen, 1981. Integrated pest management in onions and carrots. Report of Dept. of Environmental Biology. Univ. of Guelph, Ontario, Canada.

McCollum, G. D. et S. L. Sinden, 1978. Inheritance study of tuber glycoalkaloids in Solanum chacoense. Am. Potato J. 56 : 95-113.

McColloch, J. W., 1921. The corn leaf aphis (Aphis maidis Fitch) in Kansas. J. Econ. Entomol. 14 : 89-94.

McNaughton, S. J., 1979. Grazing as an optimization process : grass-ungulate relationships in the Serengeti. Am. Nat. 113 : 691-703.

McNaughton, S. J., 1984. Grazing lawns : animals in herds, plant form, and coevolution. Am. Nat. 124 : 863-886.

McNaughton, S. J., 1985. Ecology of a grazing ecosystem : the Serengeti. Ecol. Monogr. 55 : 259-294.

Melville, A. A., R. H. Storch, R. J. Bushway et A. R. Alford, 1985. Growth and development of the Colorado potato beetle, Leptinotarsa decemlineata (Coleoptera : Chrysomelidae) fed foliage of three Solanum species. Maine Agric. Exp. Stn., University of Maine at Orono, Techn. Bull. 115 : 8 p.

Messiaen, C. M., 1985. Les variérés résistantes : méthodes de lutte contre les maladies et ennemis des plantes. INRA, Paris, 374 p.

Mndolwa, D., G. Bishop, D. Corsini et J. Pavek, 1984. Resistance of potato clones to the green peach aphid and potato leafroll virus. Am. Potato J. 61 : 713-722.

NCR Subcommittee on insect pests, 1971. Insect-pest management and control. Principles of plant and animal pest control. Vol. 3 Publication 1695, National Academy of Sciences, Washington, D. C., 508 p.

Osman, S. F., S. F. Herb, T. J. Fitzpatrick et S. L. Sinden, 1976. Commersonine, a new glycoalkaloid from two Solanum species. Phytochemistry 15 : 1065-1067.

Owen, D. F., 1980. How plants may benefit from the animals that eat them. Oikos 35 : 230-235.

Owen, D. F. et R. G. Wiegert, 1976. Do consumers maximize plant fitness ? Oikos 27 : 488-492.

Painter, R. H., 1951. Insect resistance in crop plants. The Macmillan Co., New York, 520 p.

Paiva, M. et J. Janik, 1980. Relationship between leaf pubescence and resistance to European red mite in apple. Hortscience 15 : 511-512.

Pelletier, Y et R. R. King, 1987. Semiochemicals and potato pests : review and perspective for crop protection. pp. 146-172, In : Boiteau, R. P. Sing et R. H. Parry (Eds.), Potato pest management in Canada/ Lutte contre les parasites de la pomme de terre au Canada, Proc. Symp. « Improving popato pest protection ». Entente Canada/N.-B. sur le développement du secteur agro-alimentaire, Frédéricton N.-B., 354 p.

Perron, J. P., 1972. Effects of some ecological factors on population of the onion maggot Hylemya antiqua (Meig.) under field conditions in south-western Québec. Ann. Soc. Entomol. Québec 17 : 20-47.

Pimentel, D. (Ed.), 1981. Handbook of Pest Management in Agriculture. Vol. 1. CRC Press, Boca Raton, Florida, 296 p.

Radcliffe, E. B. et F. I. Lauer, 1970. Further studies on resistance to green peach aphid and potato aphid in the wild tuber-bearing Solanum species. J. Econ. Entomol 63 : 110-114.

Radcliffe, E. B., F. I. Lauer, Moon-Hong Lee et D. P. Robinson, 1981. Evaluation of the United States potato collection for resistance to green peach aphid and potato aphid. Minn. Agric. Exp. Stn. Techn. Bull. 331.

Radcliffe, E. B., 1982. Insect pests of potato. Ann. Rev. Entomol. 27 : 173-204.

Robinson, J. F., J. A. Klun, W. D. Guthrie et T. A. Brindley, 1982. European corn borer Ostrinia nubilalis (Lepidoptera : Pyralidae) leaf feeding resistance : 2, 4-Dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one bioassays. J. Kans. Entomol. Soc. 55 : 357-364.

Rojanaridpiched, C., V. E. Gracen, H. L. Everett, T. G. Coors, B. F. Pugh et P. Bouthyetta, 1984. Multiple factor resistance in maize to European corn borer. Maydica 29 : 305-315.

Russel, W. A., W. D. Guthrie, J. A. Klun et R. Grindeland, 1975. Selection for resistance in maize to first-brood European corn borer by using leaf feeding damage of the insect and chemical analysis for DIMBOA in the plant. J. Econ. Entomol. 68 : 31-34.

Sanford, L. L., T. L. Ladd, S. L. Sinden et W. W. Cantelo, 1984. Early generation selection of insect resistance in potato. Am. Potato J. 61 : 405-418.

Schalk, J. M. et R. H. Ratcliffe, 1977. Evaluation of the United States Department of Agriculture Program on alternative methods of insect control : host plant resistance to insects. Plant Prot. Bull. FAO 25 : 9-14.

Schreiber, K., 1957. [Naturally occuring plant resistance factors against the Colorado potato beetle Leptinotarsa decemlineata and their possible mode of action.] Züchter 27 : 289-299. (en allemand)

Sinden, S. L. et R. E. Webb, 1974. Effect of environment on glycoalkaloid content of six potato varieties at 39 locations. USDA, ARS Res. Bull. 1472, 30 p.

Sinden, S. L., L. L. Sanford et S. F. Osman, 1980. Glycoalkaloids and resistance to the Colorado potato beetle in Solanum chacoense Bitter. Am. Potato J. 57 : 331-343.

Sinden, S. L., L. L. Sanford et K. L. Deahl, 1986. Segregation of leptine glycoalkaloids in Solanum chacoense Bitter. J. Agric. Food Chem. 34 : 372-377.

Sinden, S. L., L. L. Sanford, W. W. Cantelo et K. L. Deahl, 1986. Leptine glycoalkaloids and resistance to the Colorado potato beetle (Coleoptera : Chrysomelidae) in Solanum chacoense. Environ. Entomol. 15 : 1057-1062.

Stürckow, B. et I. Löw, 1961. The effect of some Solanum alkaloids on the Colorado beetle Leptinotarsa decemlineata Say. Entomol. Exp. Appl. 4 : 133-142. (en allemand)

Sullivan, S. L., V. E. Gracen et A. Ortega, 1974. Resistance of exotic maize varieties to the European corn borer Ostrinia nubilalis (Hübner). Environ. Entomol. 3 : 718-720.

Tingey, W. M. et R. W. Gibson, 1978. Feeding and mobility of the potato leafhopper impaired by glandular trichomes of Solanum berthaultii and S. polyadenium. J. Econ. Entomol. 71 : 856-858.

Tingey, W. M. et J. E. Laudengayer, 1981. Defense against the green peach aphid and potato leafhopper by glandular trichomes of Solanum berthaultii. J. Econ. Entomol. 74 : 721-725.

Tingey, W. M. et S. L. Sinden, 1982. Glandular pubescence, glycoalkaloid composition, and resistance to the green peach aphid, potato leafhopper, and potato fleabeetle in Solanum berthaultii. Am. Potato J. 59 : 95-106.

Tseng, C. T., W. D. Guthrie, W. A. Russell, J. C. Robbins, J. R. Coats et J. J. Tollefson, 1984. Evaluation of two procedures to select for resistance to the European corn borer in a synthetic cultivar of maize. Crop Sci. 24 : 1129-1133.

Wallace, L. L., S. J. McNaughton et M. B. Coughenour, 1985. Effects of clipping and four levels of nitrogen on the gas exchange, growth and production of two East African graminoids. Am. J. Bot. 72 : 222-230.

Webb, D. R., C. J. Eckenrode et M. H. Dikson, 1987. Variation among green and wax beans in survival of larvae of a bivoltine-E race of the European corn borer (Lepidoptera : Pyralidae). J. Econ. Entomol. 80 : 521-524.

Willimet, S. C., 1933. An investigation of solanine poisoning. Analyst 58 : 431-439.

Wright, R. J., M. B. Dimock, W. M. Tingey et R. L. Plaisted, 1985. Colorado potato beetle (Coleoptera : Chrysomelidae) : expression of resistance in Solanum berthaultii and interspecific potato hybrids. J. Econ. Entomol. 78 : 576-582.

ANNEXE A

Questionnaire pour le sondage sur les méthodes culturales de contrôle des insectes ravageurs des cultures horticoles et agricoles

SONDAGE SUR LES MÉTHODES CULTURALES DE CONTRÔLE DES INSECTES RAVAGEURS DES CULTURES HORTICOLES ET AGRICOLES

1) Utilisez-vous des méthodes culturales spécifiques (méthodes non-chimiques) pour contrôler certains insectes nuisibles (ravageurs)?
Oui ❑ Non ❑

2) Nommez 1 ou 2 ravageurs d'importance pour lesquels vous utilisez des méthodes culturales de contrôle, le nombre d'années depuis que vous utilisez ces méthodes pour les contrôler :

Insecte A ..... ans (peste) .....ans (méthode)

Insecte B ..... ans (peste) .....ans (méthode)

3) Pour chacun des insectes nuisibles A et B, spécifiez les méthodes culturales spécifiques utilisées, indiquez leur efficacité sur une échelle de 0 (inefficace) à 3 (très efficace) et donnez les détails pour chaque insecte dans les espaces fournies :

	inefficace 0		peu efficace 1		efficace 2		très efficace 3		non utilisé 4	
MÉTHODE(S) UTILISÉE(S)	←								→	
INSECTES	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
a) rotation de culture	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
b) polyculture et compagnonnage	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
c) planification du temps de semis..	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
d) binage, sarclage ou labourage.....	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
e) fertilisation.....	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑

a) rotation de culture

Insecte A .....

Insecte B .....

b) polyculture et compagnonnage

Insecte A .....

Insecte B .....

c) planification du temps de semis..

Insecte A .....

Insecte B .....

d) binage, sarclage ou labourage.....

Insecte A .....

Insecte B .....

e) fertilisation.....

Insecte A .....

Insecte B .....

MÉTHODE(S) UTILISÉE(S)	inefficace 0		peu efficace 1		efficace 2		très efficace 3		non utilisé 4	
INSECTES	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
f) engrais vert.....	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
Insecte A										
Insecte B										
g) destruction des débris végétaux..	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
Insecte A										
Insecte B										
h) paillis.....	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
Insecte A										
Insecte B										
i) émondag, taille...	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
Insecte A										
Insecte B										
j) éclaircissage.....	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
Insecte A										
Insecte B										
k) irrigation.....	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
Insecte A										
Insecte B										
l) drainage.....	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
Insecte A										
Insecte B										
m) aménagement des :										
boisés.....	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
plans d'eau.....	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
lisières des champs.....	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
haies.....	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
Insecte A										
Insecte B										

n) Autres (s.v.p. spécifiez) .....

Insecte A .....

Insecte B .....

4) Décrivez votre choix actuel de contrôle antiparasitaire sur votre ferme ?

	0%	20%	40%	60%	80%	100%
a) contrôles chimiques	❑	❑	❑	❑	❑	❑
b) contrôles culturales	❑	❑	❑	❑	❑	❑
c) autres (spécifiez)	❑	❑	❑	❑	❑	❑
.....	❑	❑	❑	❑	❑	❑
.....	❑	❑	❑	❑	❑	❑

5) Si vous utilisez des contrôles chimiques pour les insectes A et B, décrivez leur efficacité sur une échelle de 0 (inefficace) à 3 (très efficace). Encerclez le numéro approprié :

	inefficace	peu efficace	efficace	très efficace	non utilisé
	←			→	
Insecte A	0	1	2	3	4
Insecte B	0	1	2	3	4

6) Décrivez l'efficacité de vos présentes méthodes de contrôle des insectes nuisibles, encerclez le bon numéro :

Insecte A	0	1	2	3	4
Insecte B	0	1	2	3	4

7) Énumérez d'autres insectes nuisibles que vous contrôlez par des méthodes culturales spécifiques, notez la méthode et son efficacité sur une échelle de 0 (inefficace) à 3 (très efficace)

Insecte(s)	Méthode(s) culturale(s)	inefficace	peu efficace	efficace	très efficace
		0	1	2	3
.....		❑	❑	❑	❑
.....		❑	❑	❑	❑
.....		❑	❑	❑	❑

8) Queles sont les raisons qui vous ont poussé à utiliser des méthodes de contrôle culturales pour vos insectes nuisibles ?

	raison principale	raison importante	raison mineure	pas un facteur
a) insatisfaction avec les pesticides chimiques	❑	❑	❑	❑

b) information provenant de :

autres fermiers	❑	❑	❑	❑
agronomes	❑	❑	❑	❑
cours.....	❑	❑	❑	❑
conférences et ateliers.....	❑	❑	❑	❑
livres*	❑	❑	❑	❑
revues*	❑	❑	❑	❑

*Spécifiez lesquels .....

.....

9) Selon quel degré les facteurs suivant découragent-ils votre choix de méthodes culturales comme méthode de contrôle ?

	raison principale	raison importante	raison mineure	pas un facteur
a) manque d'information ..	❑	❑	❑	❑
b) manque d'équipement .	❑	❑	❑	❑
c) manque de temps	❑	❑	❑	❑
d) autres (spécifiez)				
.....	❑	❑	❑	❑
.....	❑	❑	❑	❑

10) Selon quel degré les facteurs suivant encouragent-ils votre utilisation des méthodes culturales contrairement à l'utilisation des produits chimiques ?

	raison principale	raison importante	raison mineure	pas un facteur
a) intérêt de santé (famille) ..	❑	❑	❑	❑
intérêt de santé (bétail)	❑	❑	❑	❑
b) inquiétude pour l'environnement.....	❑	❑	❑	❑
c) efficacité des méthodes culturales	❑	❑	❑	❑
d) économie d'argent (ex. coûts des pesticides)	❑	❑	❑	❑
e) revenus plus élevés pour les produits organiques	❑	❑	❑	❑
f) autres (spécifiez)				
.....	❑	❑	❑	❑
.....	❑	❑	❑	❑

11) Prévoyez-vous utiliser des nouvelles méthodes culturales de contrôle dans le futur ? Si oui s.v.p. indiquez l'insecte nuisible, la culture impliquée et la méthode choisie :

Insecte	Culture(s)	Méthode(s)
.....		
.....		
.....		
.....		

12) Évaluez les connaissances de votre agronome concernant les méthodes culturales de contrôle des insectes nuisible. Sur une échelle de 0 (incompétent/pas utile) à 4 (très compétent/très utile) encerclez le bon numéro :

incompétent/ pas utile		compétence minimale /parfois utile		très compétent /très utile
0	1	2	3	4

13) Que suggéreriez-vous au gouvernement pour aider les fermiers à être plus efficace dans l'utilisation de méthodes culturales spécifiques pour contrôler les insectes ravageurs ?

	plus important	important	moins important	pas important
a) formation des agronomes	❑	❑	❑	❑
b) ateliers pour les fermiers	❑	❑	❑	❑
c) diffusion de bulletins d'information ..	❑	❑	❑	❑
d) encouragement à la recherche	❑	❑	❑	❑
e) avantages fiscaux	❑	❑	❑	❑
f) contrôles plus strictes sur les pesticides	❑	❑	❑	❑
g) autres (spécifiez)				
.....	❑	❑	❑	❑
.....	❑	❑	❑	❑

14) Seriez-vous d'accord d'être à nouveau contacté afin de donner des précisions concernant les méthodes culturales que vous utilisez pour le contrôle des insectes nuisibles sur votre ferme : Oui ❑ Non ❑

ANNEXE B

Choix des récipiendaires pour le sondage sur les méthodes culturales de contrôle des insectes ravageurs des cultures horticoles et agricoles

CHOIX DES RÉCIPIENDAIRES

QUÉBEC :

- Liste de certification des producteurs(trices) biologiques du (M.A.B.) Mouvement pour une Agriculture Biologique. (92)

- Liste des producteurs(trices) biologiques non-certifiés, Syndicats des producteurs(trices) biologiques réunis. (50)

- (U.P.A.) Union des Producteurs(trices) Agricoles.
  - Syndicats des producteurs de fraises et framboises. (100)
  - Fédération des producteurs(trices) maraîchers du Québec. (100)
  - Fédération des producteurs(trices) de pommes du Québec. (100)

- (A.F.Q.) Association des fermiers(mières) du Québec. (100)

CANADA :

- Maritimes Ontario Prairies Alberta Saskatchewan Manitoba Colombie-Britannique.

  Robinson, P. (1986) Searching for alternate solutions, Sustainable Agriculture, Policy Branch Working Papers, Agriculture Canada, Ottawa. (89)

ÉTATS-UNIS :

- Liste des agriculteurs(trices) biologiques des états du nord des États-Unis fournie par Rodale. (Vermont, Maine, New-Hampshire, etc.) (154)

EUROPE :

- Choix des envois faits par les responsable de « NATURE ET PROGRÈS » pour la France. (30)

- Choix des envois faits par les responsables du (G.R.A.B.) Groupement pour la recherche en agriculture biologique de Bruxelles. (30)

ANNEXE C

Liste des organismes et journaux contactés

ÉTATS-UNIS

- Cornell University, Ithaca, NY.
- Evergreen State College, Olympia, WA
- Maine Organic Growers Association, Franklin, ME.
- Michigan Organic Growers Association, Lawton, MI.
- Michigan State University, East Lansing, MI.
- Natural Organic Farmers Association, West Lebanon, NH.
- New York Organic Farmers, Jordanville, NY.
- New York State Agricultural Experimental Station, Geneva, NY.
- Northwest Organic Food Producers Association, Toppenish, WA.
- Ohio Agricultural Research and Development, Wooster, OH.
- Ohio State University, Columbus, OH.
- Oklahoma State University, Stillwater, OK.
- University of Connecticut, Storrs, CT.
- University of Maine, Bangor, ME.
- University of Maine, Orono, ME.
- University of Massachusetts, Amherst, MA.
- University of Minnesota, St. Paul, MN.
- University of Vermont, Burlington, VT.
- Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksbury, VA.
- Wisconsin Organic Growers Association, Franklin, WI.

SUISSE

- Fondation Suisse pour l'Encouragement de l'Agriculture Biologique, Oberwill.
- Institut de Recherche de l'Agriculture Biologique, Bernbardsberg, Oberwill.

ALLEMAGNE

- Institut fur biologisch-dynamische Farschung, Baumschulenweg, West Germany.

GRANDE-BRETAGNE

- Bio-Dynamic Agricultural Association, Brome Farm, West Midlands.
- Bio-Dynamic Association, Emerson College, Sussex.
- Biodynamic Agricultural Association, Worcestershire.
- British Organic Farmers, Bristol.
- Centre for Advanced Technology, Sauthampton University, Southampton.
- Emerson College, School of Biodynamic Farming and Gardening, Sussex.
- Grassland Research Institute, Berkshire.
- Institute of Terrestrial Ecology, Monkswood Experimental Station, Cambridgeshire.
- The International Institute of Biological Husbandry Limited, Suffolk.
- Silwood Centre for Pest Management, Imperial College at Silwood Park, Berkshire.
- University of Sussex, Brighton, Sussex.

FRANCE

- Association pour la Recherche et l'Expérimentation en Agriculture Biologique, Paris.
- Groupe de Recherche sur les Technologies Appropriées, Paris.
- L'Union Française d'Agriculture Biologique, Soudan.

NORVÈGE

- Studies and Management of Natural Resources, Telemark Regional College, Bo, Norway.

CANADA

- Guelph University, Guelph, ON.
- Université Laval, Québec, QC.
- 42 scientifiques de la Société d'Entomologie du Québec.

DEMANDES D'INFORMATION AUX JOURNAUX :

- Agrologist
- Biological Agriculture and Horticulture
- Bulletin des Agriculteurs
- Entomological Society of America/Bulletin
- Entomological Society of Canada/Bulletin
- Harrowsmith
- Humus
- IFOAM/Bulletin
- IPM Practitioner
- The Land Institute
- Mother Earth News
- Nature et Progrès
- New Farm
- Notes on Agriculture
- Quebec Farmers Advocate
- Rodale's Organic Gardening
- Terre de Chez-Nous

ANNEXE D

Description des méthodes culturales

CHOIX DU SITE

Parfois, la présence d'un ravageur peut être évitée en choisissant bien le site destiné à la culture. Un site idéal permettra à la culture et aux ennemis naturels de proliférer tandis que le ravageur sera réprimé. Les facteurs à considérer sont l'histoire du site (le ravageur a-t-il déjà été présent dans cette localité), la proximité des sites d'hibernation pour les ravageurs (boisés, haies, lisières des champs, etc.), des sites où les ennemis naturels seraient abondants, le climat, le microclimat, la topographie, l'élévation, les pentes, les conditions du sol, les espèces de mauvaises herbes, etc. De plus, si les plantes subissent un stress, elles tendent à émettre des signaux de détresse.

RÉGIE DES CULTURES

Isolement des cultures

La localisation des cultures les unes par rapport aux autres et leur isolement peuvent augmenter leur vulnérabilité aux attaques d'insectes ravageurs. L'isolement par rapport aux cultures précédentes ou espèces indigènes hôtes, qui peuvent agir comme réservoir de ravageurs, est un moyen de réduire la probabilité d'attaque pour les espèces annuelles surtout. Avec le temps, les insectes ravageurs sauront localiser leurs cibles. Un certain degré de contrôle peut aussi provenir de l'isolement des cultures dans le temps. Cette pratique a pour but de briser la continuité plante-insecte et le déplacement des différentes générations entre les cultures hâtives et les cultures tardives. Cette technique est utilisée efficacement pour la répression de la mouche de la carotte.

Une attention particulière doit être portée aux périphéries et aux champs avoisinants pour la destruction de plantes indigènes servant de réservoirs d'espèces nuisibles.

Densité et espacement des cultures

L'objectif principal de cette façon culturale est la maximisation tout en maintenant une qualité optimale. Cette technique peut également être utilisée pour réduire les ravages des insectes. La densité et l'espacement des plants peuvent influer sur la croissance relative des plants et la population d'insectes par unité de temps, ainsi que sur le comportement de l'insecte ravageur à la recherche de nourriture ou de sites d'oviposition. Ces constatations s'expliquent par :

i) une forte densité de plants peut augmenter l'efficacité des ennemis naturels, permettant ainsi un meilleur contrôle des populations de ravageurs ;

ii) certains insectes sont attirés par la silhouette des plants contre le sol (les pucerons sont fortement attirés par les peuplements de crucifères de faible densité) ;

iii) à l'opposé, certains ravageurs prolifèrent sur des cultures de forte densité. La variabilité des comportements souligne l'importance de bien connaître et comprendre l'histoire de chaque ravageur sur chaque culture cible.

L'espacement des plants peut aussi agir comme méthode de répression, en encourageant la croissance et la maturation rapide des plants. La date de récolte peut être ainsi devancée et la disponibilité à l'attaque en est par conséquent réduite. Dans le sud des Etats-Unis, cette méthode est souvent utilisée contre le charançon et le ver rose du cotonnier (Coaker, 1987).

Polycultures ou diversité et association des cultures

La diversité des cultures dans les champs réduit la population des insectes ravageurs en encourageant l'augmentation des ennemis naturels par :

i) une plus grande distribution spatio-temporelle des sources de pollen et de nectar ;

ii) l'augmentation de la couverture végétale, spécialement importante pour les ennemis diurnes ;

iii) l'augmentation des proies, offrant ainsi des sources alternatives de nourriture, lorsque l'espèce de ravageur est rare ou, à un moment, approprié dans le cycle du prédateur ;

iv) le camouflage des odeurs des plantes-hôtes par d'autres espèces végétales.

Régie des semailles

Cette méthode est surtout utilisée pour :

i) éviter l'invasion par les migrateurs ou la période d'oviposition de ravageurs importants ainsi que l'introduction de maladies dans les cultures par des insectes vecteurs ;

ii) synchroniser l'attaque du ravageur avec celle de ses ennemis naturels, des conditions atmosphériques défavorables ou avec l'abondance d'une culture-hôte alternative ;

iii) récolter la culture avant que l'insecte nuisible entre en diapause.

La planification du temps de semis peut être utilisée pour :

i) atteindre un niveau de tolérance plus élevé, avant que l'attaque ne se produise ;

ii) réduire la période de susceptibilité à l'attaque ;

iii) atteindre un certain degré de maturité avant que l'insecte ne devienne abondant ;

iv) permettre une compensation pour les ravages et combler les espaces occasionnés par les dommages ou la mort ;

v) éviter la période de ponte du ravageur.

Rotation des cultures

Pour réussir une rotation, il faut que la culture précédente soit suivie d'une culture de famille différente, qui n'est pas l'hôte d'insectes qui doivent être réprimés. Les rotations de céréales, de plantes sarclées et de légumineuses sont les plus communes. Les rotations, comme moyen de contrôle des ravageurs, ne sont efficaces que pour les insectes qui ont une dispersion ainsi que des préférences d'hôtes restreintes, et qui ne peuvent pas survivre plus d'une ou deux saisons sans la présence d'hôtes convenables. Les insectes se trouvant dans le sol peuvent être contrôlés par cette méthode.

Régie des plantes adventices

Ces plantes, très attirantes pour plusieurs insectes, servent de cibles pour des infestations futures. Si elles ne sont pas détruites, elles peuvent perpétuer des problèmes en fournissant une source de nourriture aux insectes provenant de cultures antérieures et ayant un long cycle de vie.

Régie des hôtes alternatifs

Plusieurs insectes se reproduisent sur des mauvaises herbes ou d'autres hôtes alternatifs, pour ensuite attaquer les cultures commerciales. Il est donc souvent nécessaire de détruire ces hôtes alternatifs pour favoriser la répression des pucerons, cicadelles de la betterave, perce-tige de la framboise, entre autres.

Régie des cultures-pièges

Les cultures-pièges permettent de différer l'attaque des insectes en les attirant vers d'autres sources de nourriture. Il faut habituellement les détruire avant que les insectes ne s'y reproduisent. En semant une culture- piège dans un champ, les ravageurs l'attaqueront, ce qui réduira les dommages sur les cultures commerciales. Il est donc primordial de détruire la culture-piège avant que le ravageur ne puisse compléter son cycle reproductif.

Régie des plantes-abris

Comme pour les cultures-pièges, les plantes-abris devront être plus attrayantes pour les ravageurs que les cultures d'importance économique. Par contre, dans ce cas-ci, le but est de fournir un site pour le développement et l'établissement du ravageur et de ses ennemis naturels. Ces derniers pourront ensuite se disperser et fournir un contrôle efficace dans les cultures commerciales.

Régie des environnements avoisinants

Les haies, lisières des champs, points d'eau, boisés, etc. peuvent être aménagés pour fournir les conditions idéales à la prolifération des ennemis naturels des ravageurs. Il faut dans ce cas cultiver des fleurs pour les

prédateurs et parasites des ravageurs et rendre ces sites peu propices aux ravageurs durant la période hivernale ; par exemple, une litière de conifère autour d'un verger rend les boisés moins attirants comme site d'hibernation aux charançons de la prune, ce qui les force à hiberner dans les vergers où ils subissent un plus haut taux de mortalité que dans le bois, un environnement protégé.

Labourage, binage, hersage

Cette méthode sert au contrôle des ravageurs se retrouvant au sol. Ce contrôle se fait par :

i) le brassage du sol, qui expose les larves et les pupes, ce qui les soumet aux intempéries, à la prédation, etc. ;

ii) le dommage mécanique aux insectes par les outils de labour ;

iii) la destruction des débris végétaux pouvant abriter des ravageurs potentiels aux nouvelles cultures ;

iv) l'enfouissement profond pour empêcher l'émergence.

L'ensemencement direct et le labour minimum peuvent augmenter ou diminuer la présence des ravageurs des cultures ; il est donc essentiel de bien connaître la biologie des espèces pour mener une lutte efficace.

Fertilisation

La qualité nutritive des plantes peut influencer la voracité, la longévité et la fécondité des insectes phytophages. En général, l'azote a la réputation d'accroître les attaques, lorsqu'utilisé massivement, particulièrement pour les insectes suceurs tels les pucerons. A l'opposé, les amendements de phosphore et de potassium sont réputés décroître la présence de certains ravageurs (dans les sols pauvres en phosphore, les vers fil-de-fer tendent à augmenter). Le sol peut aussi indirectement minimiser les dommages, en stimulant la croissance des plants et en réduisant la durée des stades susceptibles aux attaques. Cela confère une meilleure tolérance et une meilleure opportunité de compenser pour les dommages causés par les ravageurs.

Le temps de fertilisation et de labour devrait être choisi pour éviter les dommages et le stress aux plantes. La surfertilisation devrait aussi être évitée, car elle peut rendre les plantes plus attirantes.

Emondage, élagage, taille

L'enlèvement et la destruction du bois infesté, endommagé ou mort pendant la période de dormance peut aider à réduire les populations de ravageurs au stade d'hibernation, minimisant ainsi la propagation de ces derniers l'année suivante (enlèvement des oeufs de tétranyques, pucerons, cochenilles, etc.). Chez les arbres fruitiers, l'émondage des pousses d'eau ou drageons ou du feuillage préféré par les pucerons peut contribuer au contrôle. Par contre, un émondage exagéré peut accroître les populations de certains ravageurs tels les tétranyques, les pucerons et les cicadelles.

Irrigation et drainage

L'eau peut être un facteur limitant la survie de certains insectes. Il est donc possible, quand les réserves d'eau le permettent, d'utiliser l'inondation des terres comme outil de contrôle des insectes nuisibles susceptibles. Cette méthode est exploitée dans le nord-ouest des Etats-Unis pour les vers fil-de-fer ; l'inondation des terres pendant trois jours élimine le problème. Par contre, certaines espèces de vers fil-de-fer sont incapables de survivre au dessèchement ; alors, l'assèchement des terres peut aussi faire partie de l'arsenal des techniques de contrôle des ravageurs.

Paillis

L'utilisation de paillis naturels ou synthétiques peut encourager ou décourager la présence d'insectes nuisibles aux cultures. Les paillis de plastique sont généralement utilisés pour exclure certains ravageurs, tandis que leurs contreparties organiques fournissent un habitat propice aux contrôles naturels. Les paillis organiques autour des arbres fruitiers peuvent aider à contrôler un certain nombre de ravageurs des fruits ; par contre, les arbres ainsi traités nécessiteront une protection accrue contre les rongeurs dont la population tend à augmenter dans ces conditions.

Hygiène

Le but de cette méthode est de soustraire les sites de reproduction et d'hibernation aux ravageurs. Deux préalables doivent être respectés pour son bon fonctionnement. La connaissance des habitudes de l'espèce d'insecte est primordiale et, deuxièmement, le moment d'application doit être précisément choisi.

Les techniques utilisées sont :

i) la destruction des mauvaises herbes qui sont les hôtes principaux ou alternatifs des ravageurs :

ii) la destruction des résidus végétaux aux moments propices ;

iii) la destruction des foyers abritant les ravageurs en bordures des champs ; dans les vergers, la destruction des fruits tombés et des sites de pupaison, pour le contrôle de la mouche de la pomme, du charançon de la prune, du carpocapse de la pomme, etc.

Si la destruction totale des résidus végétaux est nécessaire, certains problèmes d'érosion par le vent, d'écoulement de surface et d'évaporation peuvent survenir.

TECHNIQUES DE RÉCOLTE

Régie du temps de récolte

La récolte prématurée peut être utilisée pour nuire à la survie du ravageur dans son habitat. L'étêtement ainsi que la récolte prématurée peuvent être efficaces pour détruire les stades immatures qui se trouvent dans le feuillage.

Récolte en bandes

Ce système préconise la récolte par bandes successives ; la culture se trouve donc, à un moment donné, divisée en bandes de maturité différente et le champ devient alors un environnement assez stable. Ce système est souvent utilisé dans la luzerne où la punaise terne fait des ravages.

Gouvernement du Québec
Ministère
l'Environnement